

FGI



Espacio Interdisciplinario
Universidad de la República
Uruguay

FORTALECIMIENTO DE
GRUPOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA UDELAR

PROYECTO INTERDISCIPLINARIO 2019-2020:

MAPEO DE LA RESONANCIA DE LA VOZ EN EL CANTO LÍRICO

FUNDAMENTOS PARA LA COMPRESIÓN DE LA RESONANCIA Y LOS MOLDES VOCÁLICOS EN EL CANTO LÍRICO

COORDINADORAS:

Alice Elizabeth González¹ y Silvia Palermo²

EQUIPO TÉCNICO:

Maite Erro⁴

Malena López Parard¹

Beatriz Lozano Barra³

Natalia Lucero⁴

Micaela Luzardo¹

Juan Ignacio Pais¹

Lady Carolina Ramírez¹

Ulrich Schrader³

Noelle Vidal²

¹ Facultad de Ingeniería, DIA-IMFIA

² Escuela Universitaria de Tecnología Médica, Licenciatura en Fonoaudiología

³ Escuela Universitaria de Música, Cátedra de Canto

⁴ Profesionales independientes, colaboradoras honorarias de la Licenciatura en Fonoaudiología

CONTENIDOS

1	PRESENTACIÓN	4
2	GLOSARIO	5
3	ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA VOZ	20
3.1	ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA PRODUCCIÓN VOCAL	20
3.1.1	SUBSISTEMA RESPIRATORIO	21
3.1.2	SUBSISTEMA EMISOR	25
3.1.3	SUBSISTEMA DE RESONANCIA	33
3.1.4	TEORÍA FUENTE-FILTRO	40
3.2	TEORÍAS DE LA FONACIÓN	44
3.2.1	ALGUNAS TEORÍAS DE LA FONACIÓN	44
3.2.2	TEORÍA NEUROCRONÁXICA (HUSSON, 1950)	44
3.2.3	TEORÍA MIOELÁSTICA	45
3.2.4	TEORÍA MIOELÁSTICA AERODINÁMICA	45
3.2.5	TEORÍA MUCO-ONDULATORIA	46
4	FONÉTICA	47
4.1	ALGUNAS DEFINICIONES	47
4.2	FONÉTICA ARTICULATORIA	48
4.2.1	ARTICULACIÓN DE LOS SONIDOS	48
4.2.2	LAS VOCALES	50
4.2.3	TRIÁNGULO VOCÁLICO	51
4.2.4	LA ACCIÓN DEL VELO DEL PALADAR	53
4.2.5	MOLDES VOCÁLICOS SEGÚN EL CANTO LÍRICO	53
4.2.6	A MODO DE ANEXO: CLASIFICACIÓN DE LAS CONSONANTES SEGÚN EL MODO ARTICULATORIO	55
4.3	FONÉTICA ACÚSTICA	57
4.3.1	ALGUNOS CONCEPTOS DE ACÚSTICA	57
4.3.2	RESONADORES, FILTROS ACÚSTICOS, FORMANTES	66
4.3.3	LAS VOCALES	69
4.3.4	TRIÁNGULOS Y CUADRILÁTEROS ACÚSTICOS	69
5	LA VOZ EN EL CANTO LÍRICO	72
5.1	LA PROPIOCEPTIVIDAD Y EL CANTO, UNA PAREJA PERFECTA (POR CECILIA LATORRE)	72
5.2	EL CAMINO DESDE LA GLOTIS HACIA EL SONIDO FINAL	73
5.3	REGISTROS VOCALES	76
5.3.1	QUÉ ES UN REGISTRO VOCAL	76
5.3.2	EL PASAJE DE REGISTRO	81
5.3.3	COBERTURA	82

6	TRABAJO EXPERIMENTAL.....	84
6.1	CANTANTES PARTICIPANTES.....	84
6.2	INSTRUMENTOS UTILIZADOS	84
6.3	PUNTOS DE MEDICIÓN	85
6.3.1	LARINGE	86
6.3.2	ESTERNÓN.....	86
6.3.3	LABIO SUPERIOR (PUNTO DE MAURAN).....	87
6.3.4	NARIZ.....	87
6.3.5	MALAR (PÓMULO)	88
6.3.6	CEJA.....	88
6.3.7	ENTRECEJO.....	88
6.3.8	MASTOIDES.....	88
6.3.9	OCCIPITAL	88
6.4	EJERCICIOS REALIZADOS.....	88
6.4.1	MEZZA DI VOCE	89
6.4.2	STACCATO Y LEGATO.....	89
6.4.3	GRAND VOCALISE (ARPEGGIO DE 12ª, UNA 8ª MÁS 5ª)	89
6.4.4	ESCALA MAYOR ASCENDENTE.....	89
6.5	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....	90
7	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	91
7.1	EJERCICIO 1: MESSA DI VOCE	92
7.1.1	VOZ SOPRANO	93
7.1.2	VOZ BARÍTONO	95
7.1.3	VOZ TENOR	97
7.1.4	VOZ MEZZOSOPRANO	98
7.1.5	VOZ CONTRATENOR.....	100
7.1.6	COMENTARIOS ADICIONALES.....	102
7.2	EJERCICIO 2: STACCATO - LEGATO	104
7.2.1	VOZ SOPRANO	104
7.2.2	VOZ BARÍTONO	107
7.2.3	VOZ TENOR.....	110
7.2.4	VOZ MEZZOSOPRANO	112
7.2.5	VOZ CONTRATENOR.....	114
7.3	EJERCICIO 3: GRAND VOCALISE	117
7.3.1	VOZ SOPRANO	119
7.3.2	VOZ MEZZOSOPRANO.....	123
7.3.3	VOZ BARÍTONO	124
7.3.4	VOZ TENOR	124
7.3.5	VOZ CONTRATENOR	125
7.4	EJERCICIO 4: ESCALA MAYOR ASCENDENTE	126
7.4.1	VOZ SOPRANO	126
7.4.2	VOZ BARÍTONO	129
7.4.3	VOZ TENOR	130
7.4.4	VOZ MEZZOSOPRANO.....	132

7.4.5 VOZ CONTRATENOR	133
-----------------------------	-----

8 REFERENCIAS.....	135
---------------------------	------------

1 PRESENTACIÓN

“Mapeo de la Resonancia en el Canto Lírico” es un proyecto realizado por un grupo interdisciplinario integrado por docentes, egresados y estudiantes de UDELAR, de la Facultad de Ingeniería-Grupo de Investigación sobre Contaminación Sonora del Departamento de Ingeniería Ambiental del IMFIA, Licenciatura en Fonoaudiología de la Escuela Universitaria de Tecnología Médica y Cátedra de Canto de la Escuela Universitaria de Música.

El canto lírico es un género cuyo ideal sonoro vocal está basado en una emisión con ciertas características del sistema resonancial. Se ha trabajado con interés en la investigación de este tema abarcando una visión global, uniendo los conocimientos de distintas disciplinas de estudio relacionadas al sonido, a la voz lírica. El abordaje que se ha planteado por parte del equipo proponente permite fortalecer además un aspecto clave en cualquier grupo de trabajo, que es la homogeneización y estandarización de la terminología en torno a la voz.

La enseñanza de este género adopta un vasto uso de imágenes y metáforas para guiar al estudiante, en ocasiones como apoyo frente al diálogo con el alumno, en otras como modalidad principal. No se considera suficiente, para una moderna pedagogía del canto lírico, la falta de datos científicos, por lo que en este trabajo se propone conservar esta información de la tradición práctica, con el compromiso de profundizar y apostar a consolidar la conciencia de la necesidad de que el dato empírico esté respaldado y explicado por el técnico, el fisiológico.

El trabajo investiga el comportamiento de la vibración en ciertas estructuras durante la emisión vocal en el canto lírico: laringe, esternón, labio superior (por su proximidad al punto de Mauran), nariz, malar (pómulo), mastoides, hueso frontal (ceja), seno frontal y parte de las celdas etmoidales (entrecejo), occipital; y la resonancia equilibrada entre la audibilidad y la buena calidad, en el respeto de la técnica vocal, de la fisiología y la acústica.

A través de ejercicios vocales predeterminados, se midieron las variantes de vibración en las voces de soprano, barítono, tenor, mezzosoprano, contratenor, en estos puntos relacionados a la representación resonancial de sus frecuencias parciales. Para el equipo interdisciplinario existe un especial interés en conjugar las propiocepciones del cantante con la realidad objetiva de las mediciones surgidas de las grabaciones. La elección de los puntos de medición parte por ende de un compendio de autopercepciones vibratorias del emisor, capaces de ejemplificar en coordenadas, aunque fragmentarias, suficientes para representar un mapeo de la emisión lírica.

Se utilizó como instrumentación un acelerómetro, un sonómetro y una cámara acústica, recabando un número importante de registros. Los estudios acústicos constan de mediciones de la amplitud de la vibración en los diferentes puntos en que se colocó el acelerómetro, con la observación de otras

curvas que se refieren al sonido en diferentes frecuencias y datos del nivel de presión sonora por vía aérea captado por un sonómetro. En el cuerpo de este trabajo se analizan solamente algunos de los gráficos y de modo muy sintético; sin embargo, el total de los gráficos está disponible en el Anexo, abierto para que se puedan seguir conclusiones válidas.

Este documento se inicia con un glosario, imprescindible para hacer una compatibilización de terminologías empleadas en las tres disciplinas involucradas activamente en el proyecto. A continuación se dan las bases de anatomía y fisiología asociadas a la fonación, para poder comprender mejor los trabajos experimentales y procurar una mejor comprensión de sus resultados.

El capítulo siguiente compendia conceptos básicos de fonética articuladora y de fonética acústica, esta última precedida de una resumida presentación de conceptos de la física acústica que o se abordan explícitamente o están implícitos en los capítulos subsiguientes. Vale resaltar que, como este trabajo se orienta a los moldes vocálicos, en forma plenamente consciente no se abordan los fenómenos fonéticos ni acústicos asociados a los fonemas consonánticos, por exceder sobradamente el alcance de este trabajo.

Como antesala del trabajo experimental, se presentan dos conceptos que se ha buscado aprehender a lo largo del proyecto: los registros vocales y su interrelación a través del pasaje y la cobertura. Estos objetivos llevaron a seleccionar cuatro ejercicios vocales para su análisis experimental, que se detallan en el sexto capítulo. En el séptimo se hace un análisis de un conjunto de gráficos que cubren todos los ejercicios y todas las voces consideradas. Es una invitación a que el lector pueda realizar después sus propias interpretaciones de los más de 200 gráficos que forman parte del Anexo.

Esperamos que este material, fruto de una investigación que nos ha apasionado y consolidado como equipo interdisciplinario de investigación universitaria, sea de utilidad para mejorar la comprensión de los estudiantes acerca de los temas que toca.

2 GLOSARIO

Este glosario no pretende abarcar la globalidad de la terminología aplicada en la enseñanza del canto lírico, sino que intenta clarificar y unificar la terminología referente al área del estudio de la voz lírica que surge de las grabaciones realizadas, explorando los moldes vocálicos y la resonancia en el canto lírico.

Abducción: separación de los *repliegues vocales* de la línea media.

Aducción: aproximación de los *repliegues vocales* a la línea media.

Altista: contratenor.

Altura tonal: característica de la sensación sonora que permite ordenar los sonidos en una escala que va desde los tonos graves a los agudos.

La altura tonal de un sonido puede caracterizarse mediante la *frecuencia* de un sonido puro, de nivel de presión acústica especificado, que produzca el mismo *tono* a juicio del oyente. Depende principalmente del contenido frecuencial de la señal, pero también de la presión acústica y de la forma de la onda.

Amplitud: en una señal periódica o cuasiperiódica, el máximo valor (o valor de pico) en un periodo.

Análisis espectral: tratamiento que permite descomponer un sonido real (una señal) en otros más simples, empleando un conjunto de intervalos conocidos de frecuencias que se designan como bandas. Por lo general, se realiza en bandas de octava o de tercios de octava. Puede ser el resultado de una medición o de un procesamiento de gabinete.

La representación espectral permite visualizar tanto la frecuencia fundamental como las zonas de resonancia (armónicos y subarmónicos).

Análisis de Fourier: cualquier onda compleja se puede descomponer en sus componentes más elementales (ondas simples) con diferentes frecuencias e intensidades. A estos componentes de la onda compleja, se les denomina armónicos y son múltiplos de la frecuencia fundamental (F_0), que es siempre la frecuencia más baja. El método de análisis por el que se puede descomponer la onda compleja en sus ondas simples es conocido como Análisis de Fourier.

Los componentes armónicos de la onda compleja se pueden representar mediante la amplitud y la frecuencia de cada uno de ellos en el espectrograma.

La frecuencia fundamental es la que se percibe como tono. Los armónicos son menos intensos y más agudos que la F_0 .

Ancho de banda: referido a un filtro, rango de frecuencias que éste permite pasar. Técnicamente, es la diferencia entre las frecuencias de corte superior e inferior.

Gama, rango o intervalo de frecuencias que cubre una señal sonora emitida o recibida.

Apertura bucal: refiere a la ampliación del espacio de la cavidad oral que realiza el sujeto durante la fonación, incidiendo directamente en las cualidades fonacústicas de la voz. La escasa apertura bucal obstaculiza el paso del sonido, afectando la intensidad y proyección de la voz.

Apoyo respiratorio: soporte respiratorio de la musculatura torácica y abdominal necesaria para una producción vocal eufónica. Este soporte debe ser dinámico y flexible. No debe provocar tensiones ni rigideces innecesarias en el cuerpo. Se relaciona directamente con la respiración costo-diafragmática abdominal.

Armónicos: acústicamente se designa como “armónico” a la componente sinusoidal de un sonido complejo cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia del tono fundamental.

En el canto lírico, la correcta técnica vocal busca la manera de alcanzar la exaltación del sonido en intensidad y en riqueza tímbrica. La finalidad es emitir un sonido óptimo con el mínimo esfuerzo. Sabiendo direccionar el sonido a las justas cavidades de resonancia se obtendrá la gama de armónicos. Según la posición del resonador, se refuerzan unos armónicos u otros. En el Punto de Mauran, donde se obtiene la mayor sonoridad, se realiza la última multiplicación armónica.

Articulación: movimientos realizados por estructuras estomatognáticas (labios, lengua, dientes, paladar duro, paladar blando, alvéolos, mandíbula y maxilar superior) con la finalidad de concretar una función (función articulatoria).

Articulación de la palabra: refiere a los movimientos realizados por las estructuras estomatognáticas para lograr el modo y el punto articulatorio de los fonemas.

Articulación temporomandibular (ATM): es la articulación entre la mandíbula y el hueso temporal. Entre ambas estructuras se encuentra el disco articular. En la producción vocal, la mandíbula y la ATM, se encuentran íntimamente relacionadas al nivel articulatorio resonancial ya que inciden en la amplitud o disminución de la cavidad bucal o segundo resonador, atribuyéndole a la voz un timbre determinado.

La ATM debe estar siempre eutónica tanto en reposo como también durante la producción vocal (hablada o cantada).

Aspirado(a): Dícese del sonido que emite con cierta fuerza el aire de la garganta, como la h inglesa y la j castellana.

Ataque: es el inicio del ciclo vibratorio, el comienzo de la fonación. Es la coordinación que se establece entre el ascenso del aire y la aducción de los repliegues vocales. De acuerdo a cómo se dé la coordinación entre esos elementos, existen distintos tipos de inicios o ataques del sonido: brusco, isócrono, soplado.

Banda: intervalo acotado de frecuencias.

Banda de octava: intervalo o banda de frecuencia en la que el cociente entre las frecuencias límite superior e inferior es igual a 2.

Banda de tercio de octava: intervalo o banda de frecuencia en la que el cociente entre las frecuencias límite superior e inferior es igual a $2^{1/3}$.

Bandas ventriculares o cuerdas vocales falsas: situadas en el límite del vestíbulo laríngeo y de los ventrículos de Morgagni, constituidas por dos pliegues más o menos relevantes que hacia arriba se continúan con el pie de la epiglotis. Están formadas por un pliegue de mucosa laríngea conteniendo en su interior el ligamento tiroaritenoides superior. Son exclusivamente estructuras ligamentarias. No tienen función fonatoria como órgano vibrante, siendo su función accesoria de tipo mecánico. Las bandas ventriculares pueden oscilar junto a los repliegues vocales en la emisión.

Bel: unidad de la escala de niveles. 1 B = 10 dB.

Bostezo: acto reflejo que consiste en el elevamiento del velo palatino y dilatación flexible de la faringe y que culmina en una contracción máxima previo a retornar a la posición de reposo. Puede realizarse voluntariamente.

Brillo de la Voz: ver *Mordiente*.

Canto lírico: estilo de canto de formación académica, generalmente utilizado en el repertorio de la música docta. La técnica del canto lírico tiene como finalidad desarrollar la resonancia, el rango vocal y la homogeneización de los sonidos.

Cavidad bucal: cavidad limitada a nivel inferior por el piso de la lengua, a nivel superior por el paladar duro y blando, posteriormente por el istmo de las fauces, lateralmente por las mejillas y anteriormente

por labios. Aloja a las estructuras estomatognáticas implicadas en la función articulatoria y de resonancia.

Cavidades de resonancia (filtro): espacios supraglóticos que filtran el sonido primario. Una vez producida la F0, se da la transformación de la onda a su forma compleja en las cavidades de resonancia. Se producen otras frecuencias denominadas tonos parciales o armónicos, de las cuales una parte serán atenuadas o amortiguadas y otros serán amplificados o destacados, a su paso por las estructuras del tracto vocal.

Cobertura: Ver *sonido coperto o raccolto*.

Colocación de la voz/Impostación: expresión que hace referencia a la emisión resultante de un adecuado uso de las cavidades de resonancia. En el pabellón faringo-bucal el sonido laríngeo se enriquece, se amplifica, se carga de **armónicos** y genera así sensaciones propioceptivas anteriores.

Color de la voz: refiere al grupo de armónicos más amplificados en cada sonido vocálico. Cada uno de ellos tiene un punto de colocación específica en la bóveda palatina, que le confiere diferente color; un color claro implica armónicos más agudos y color oscuro se relaciona con armónicos más graves. Al emitir las cinco vocales en un mismo tono, se observa el cambio de color de una con respecto a la otra en el siguiente orden de claras a oscuras: /i/, /e/, /a/, /o/, /u/.

En lo que refiere al color de la voz, éste depende de la forma del tracto vocal. Al alargar el tracto vocal, se oscurece el color de la voz; los valores de los formantes descienden, y el color es percibido por nuestro cerebro como un color más oscuro.

Columna de aire: en el canto lírico hace referencia al primer resonador supraglótico siguiendo el camino del aire exhalado. Está comprendido por la faringe en todo su desarrollo vertical. Comparte cierta similitud con la columna de aire en los instrumentos de viento en cuanto armónicos y patrones de presión necesaria, sabiendo que los cambios de frecuencia fundamentales en el canto se manejan únicamente por la acción de los pliegues vocales. La correcta interpretación implica el alargamiento de la hipofaringe por el descenso de la laringe, la adecuada posición de la lengua en relación al velo palatino para evitar la descompresión de la misma y permitir así que suba a la rinofaringe con la presión adecuada.

Composición espectral: distribución de la energía acústica en bandas de frecuencia, que se obtiene como resultado de un análisis espectral.

Coordinación neumofónica: coordinación que se produce entre la abducción-aducción de los repliegues vocales y el ascenso de aire desde los pulmones. Implica el ataque, cuerpo y filatura del sonido.

Cuerdas vocales falsas: ver *bandas ventriculares*.

Cuerdas vocales: ver *repliegues vocales*.

Cuerpo: parte del sonido comprendida entre el inicio o ataque y la filatura del sonido emitido. Depende del manejo respiratorio; un **cuerpo mantenido**, implica una decontracción del diafragma paulatina y controlada a partir del trabajo costal. Cuando esto no sucede, se habla de **cuerpo batido**.

Desde el punto de vista del canto, se identifica con **espesor de la voz** (ver).

Decibel: unidad en la que se expresa el nivel de presión sonora, y en general la relación logarítmica entre dos valores. Es la décima parte del bel. Cuando se emplean escalas de ponderación, suele anotarse ésta a continuación de “dB” (por ejemplo, dBA, dBZ; ver **escala de ponderación frecuencial**).

Electroglotografía (EEG): se trata de un método que permite evaluar la aproximación de las cuerdas vocales durante la fonación. Es un método no invasivo por el que se hace pasar una corriente de pequeño voltaje a través del cuello, a nivel de la laringe, en tanto se mide la impedancia eléctrica, que está condicionada por la apertura o cierre de la glotis.

Escala de ponderación frecuencial A: es la escala de medida de niveles de presión sonora que se establece para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene en las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

Escala de ponderación frecuencial Z: ponderación de frecuencia que es plana desde 10 Hz hasta 20.000 Hz. Corresponde a la antiguamente llamada “escala lineal”.

Espacio hipofaríngeo: ver **faringe**.

Espacio vestibular: ver **laringe**.

Espectrograma: gráfico en que se representa la amplitud de las diferentes componentes frecuenciales de un sonido en un determinado momento, o sea, lo que usualmente se designa como análisis espectral del sonido. En el eje horizontal del espectrograma se representan las frecuencias y en el eje vertical, la amplitud o intensidad del sonido, en general a través del nivel de presión sonora en cada banda de frecuencias.

Espesor de la voz: se relaciona con las características de las cavidades de resonancia y principalmente con la orofaringe; a mayor apertura orofaríngea, mayor es el espesor de la voz cantada. Junto con el mordiente, el vibrato, el color y el volumen, forma parte de las cinco características principales de la voz lírica.

Eufonía: refiere al equilibrio vocal.

Eutonía: refiere al equilibrio del tonismo muscular.

Extensión tonal: rango de tonos que una persona puede emitir desde los graves a los agudos, sin importar la comodidad ni la estética.

Falsete, falsetto: registro vocal en que no hay un completo cierre glotal. La tensión de los pliegues vocales aumenta a niveles muy altos. Los repliegues vocales se ven muy delgados con poca superficie de contacto. Estas condiciones generan un movimiento rápido de los repliegues vocales, pero con una amplitud pequeña. La reducción en el tamaño máximo de la glotis genera una muy débil excitación del tracto vocal, por lo que la intensidad vocal se ve disminuida. En el falsete el ascenso de tono se produce por la contracción del músculo cricotiroideo (aumento en la tensión longitudinal pasiva ya que se elonga el cricotiroideo y no el tiroaritenideo). Es una voz con menos armónicos que el registro modal, ya que duplica en frecuencia a este registro.

Falsete reforzado: los contratenedores o altistas utilizan un falsete “reforzado” (reforzado) obtenido agregando a tal mecanismo un descenso de la laringe que incrementa los fenómenos armónicos porque gana en espacio de resonancia, lo que se traduce en un sonido más rico y redondo.

Faringe: es un conducto músculo membranoso, aerodigestivo, recubierto de mucosa. Está situado por delante de la columna vertebral. Está abierto anteriormente y se comunica con nariz, boca y laringe; se lo puede dividir en tres porciones: nasofaringe, orofaringe e hipofaringe respectivamente. Funciona como encrucijada aerodigestiva y tiene participación en la función respiratoria, deglutoria, inmunológica y resonancial. El tubo faríngeo puede acortarse o alargarse, ensancharse o estrecharse de acuerdo con los requerimientos vocales de la persona que habla y de acuerdo con el tono que se emita. La posición de faringe ancha, desarrollada, expandida es muy aconsejable como resonador para el canto.

Fiato: este vocablo viene del latín y significa “hálito”, es decir, aire espirado. Para los cantantes es importante el control del fiato, es decir, cómo es el control del aire espirado durante la emisión de voz cantada.

Filatura: es el cese del sonido.

Filatura isócrona: el flujo de aire y la abducción de los repliegues vocales se producen en el mismo momento.

Filatura trunca: cesa el paso de aire pero los repliegues siguen aducidos.

Filatura áfona: los repliegues vocales se abducen y continúa ascendiendo el aire. Igual que en el ataque soplado, el roce del paso del aire por las estructuras del sistema fonatorio se percibe/siente en el exterior como un ruido.

Foco resonancial: el sistema resonancial humano se compone de cuatro principales resonadores: cavidad oral, cavidad nasal, faringe y laringe. Dependiendo de cómo actúen estas cavidades durante la producción de la voz, se tendrán diferentes tipos de resonancias.

Fonación: este término, en su etimología, viene del griego «φωνη» (phōnē) voz y del sufijo «ción» como significado abstracto que denota objeto o lugar. Refiere al proceso de producción de la voz. Es frecuente encontrar, en distinta bibliografía, el uso del término “aparato fonador” para referirse al conjunto de órganos que permiten la función vocal. Sin embargo, no existe un conjunto de órganos cuya función sea únicamente la producción de la voz sino que además cumplen otras funciones, integrando otros aparatos y sistemas biológicos del cuerpo humano. Es por esta razón que se habla de **niveles** que intervienen en la fonación.

Fonema: unidad mínima del lenguaje hablado con identidad acústica propia. Por ejemplo, las vocales y las consonantes. Todo fonema es un haz de rasgos fónicos pertinentes y se representan entre barras: /b/, /p/, etc. Es la menor unidad lingüística fonológica.

Cada una de las unidades fonológicas mínimas que en el sistema de una lengua pueden oponerse a otras en contraste significativo: por ejemplo, las consonantes iniciales de pozo y gozo, mata y bata; las interiores de cala y cara; las finales de par y paz; las vocales de tan y ten, sal y sol, etc. Dentro de cada fonema caben distintos alófonos.

Son segmentos fónicos mínimos que se analizan desde el punto de vista de su función constructivo-distintiva, es decir, desde el punto de vista de su capacidad de construir y distinguir, unos de otros, los significantes de los signos de una lengua dada.

Fonemática: rama de la fonología que estudia los fonemas.

Fonética: rama de la lingüística que estudia los sonidos (fonos) de uno o varios idiomas desde el punto de vista articulatorio, acústico y perceptivo, sea en su descripción sincrónica o en su evolución histórica. Su objeto de estudio es el fono. Explica y describe los fenómenos sonoros en su realidad material, tal y como se producen en el habla en los actos concretos de comunicación, entre los hablantes de una misma lengua.

Fonética articulatoria: la fonética articulatoria estudia todas las modalidades de la 'producción' fónica desde un punto de vista fisiológico; la posición en la que se encuentran los órganos y cómo esas posiciones determinan la variación de los caminos que sigue el aire cuando sale por la boca, nariz o garganta, produciendo distintos sonidos. La *fonética articulatoria*, se basa sobre todo en disciplinas biomédicas como la anatomía, la fisiología, la foniatría, la neurología y la otorrinolaringología. La atención está puesta en el emisor y en la codificación del mensaje.

Fonética auditiva o perceptiva: rama de la fonética que se ocupa de la fisiología de los órganos propios de la escucha, su funcionamiento mecánico, la respuesta sensorial y la transmisión de la señal sonora desde el órgano receptor (aparato auditivo) al sistema nervioso.

Fonética acústica: rama de la fonética que estudia el sistema de fonación como sistema de emisión y reproducción de sonidos. Es decir, estudia y analiza las características físicas (intensidad, tono, timbre, duración) de los sonidos articulados que se transmiten a través de las ondas sonoras emitidas. Se basa especialmente en disciplinas físico-acústicas, electrónicas, electrotécnicas e informáticas. La atención está puesta en el canal y en la transmisión del mensaje.

Fonología: es la rama de la lingüística que estudia los fenómenos sonoros de la *lengua* mediante el análisis de las unidades fonológicas o fonemas, atendiendo a su valor distintivo y funcional, y sus relaciones.

Fono: manifestación sonora concreta de un fonema. Se trata de un elemento unitario en la secuencia sonora, que se distingue por una composición espectral determinada.

Formantes: resonancias características de una voz o instrumento, que determinan su timbre.

A los efectos de este material, se entienden por "formantes" las frecuencias naturales de resonancia del tracto vocal. En teoría, existe un número infinito de formantes, pero los más importantes son los 5 primeros.

Formante del cantante / Metaformante lírico: el formante del cantante es un pico del espectro frecuencial que se produce agrupando los formantes 3, 4 y 5. El concepto fue introducido por Sundberg, quien interpreta la aparición de ese pico espectral cerca de los 3.000 Hz como consecuencia de que el tubo laríngeo sirve como un resonador casi autónomo, con una frecuencia de resonancia cercana a 3.000 Hz, que no está muy influenciada por el resto del tracto vocal.

Frecuencia: cantidad de ciclos o periodos de una señal periódica en la unidad de tiempo (por lo general en 1 segundo). Se mide en Hertz. Está relacionado con la altura tonal de los sonidos, aunque no es exactamente lo mismo. Cuanto más alta sea la frecuencia de un sonido, más alto es el tono percibido; el sonido es agudo. Y cuanto más baja sea la frecuencia de un sonido, más grave será el tono que se percibirá.

El intervalo de frecuencias que el oído humano puede percibir va de 20 Hz a 20.000 Hz. Las frecuencias que se encuentran por debajo son infrasonidos y las que se encuentran por encima, se llaman ultrasonidos.

Frecuencia central de una banda: media geométrica de las frecuencias extremas que definen el ancho de la banda.

Frecuencia de resonancia: frecuencia para la cual la respuesta en amplitud de un sistema alcanza un máximo.

Frecuencia fundamental F₀: la frecuencia básica de la vibración de un sonido, se conoce como frecuencia fundamental (F₀). En el campo de la voz, la frecuencia fundamental es el sonido que se produce a nivel laríngeo, es decir, representa el número de veces que los repliegues vocales se abducen y aducen en un segundo de fonación.

Es la frecuencia de la componente sinusoidal más grave de una magnitud periódica compleja. También la frecuencia de su primer armónico, y la frecuencia de la cual todas las componentes espectrales son múltiplos.

Frito vocal, registro pulso, vocal fry o creaky voice: es una forma de fonación caracterizada por un rango tonal reducido, debajo del registro modal. Abarca las frecuencias más graves de toda la extensión, de 30 Hz a 75 Hz aproximadamente. Esto se da por el aumento de la masa vibrante del pliegue vocal y la reducción de la tensión. La fase de cierre es relativamente más larga que el ciclo entero y hay ocasionalmente dos fases de apertura durante el mismo ciclo vibratorio (vibraciones irregulares).

Este modo vibratorio implica una presión subglótica muy elevada con una corriente aérea transglótica mínima. La intensidad es muy débil. Puede emplearse como forma de limpiar secreciones sobre la mucosa de los pliegues vocales.

Gallo: término popular para designar ciertos sonidos que se producen al perder el control en la emisión y/o entonación mientras se habla o canta, a causa de un exceso de trabajo de la musculatura extrínseca y perilaríngea. Ver **quiebre tonal**.

Garganta: término que refiere a la faringe.

Gesto respiratorio: el gesto o modo respiratorio es la vía por la cual ingresa el aire a los pulmones. Los modos respiratorios pueden ser tres: nasal (ingreso del aire por la nariz); oral (ingreso por la boca); mixto (ingreso por la nariz y la boca).

Desde el punto de vista del canto, el gesto podría ser descrito como la aplicación específica de reflejos que impliquen una modificación tanto del tracto vocal como de la máscara en la inhalación

preparando así una deseada impostación; por ejemplo el bostezo o la sensación de estornudo en el modo mixto inhalatorio, o la sensación de olfateo en la inhalación nasal.

Fisiológicamente el gesto o modo respiratorio en reposo es nasal, mientras que en la voz hablada o cantada predomina el modo o gesto mixto.

Gestualidad facial: se refiere a la forma en que el rostro debe acompañar la emisión de la voz. Se practica sobre todo en la voz cantada, donde hay frecuencias agudas. Los músculos faciales se habilitan para posicionar el sonido. Los labios esbozan una sonrisa y los pómulos suben para colocar lo que se llama el aro de la voz o la posición de máscara. La mandíbula inferior acompaña estos músculos altos, dando el espacio de salida libre de la voz, con aberturas que no son propias de la voz hablada.

Glottis: espacio existente entre los bordes libres de los repliegues vocales.

Golpe de glottis: en fonoaudiología, el término refiere a una conducta de esfuerzo vocal. En el momento previo a la fonación el cierre de la glottis es completo y cuando el flujo de aire consigue vencer la resistencia de los repliegues, el sonido sale de forma brusca percibiéndose acústicamente como un impacto.

El golpe glótico o “Coup de la glotte” fue un concepto acuñado por el barítono Manuel García en su Tratado completo del arte del canto (1847) y refiere al estudio del ataque del sonido cantado, considerando que la firme unión de los pliegues vocales en el momento previo a la fonación era la base para una sana y correcta emisión del sonido.

En el canto lírico es el comienzo de la emisión con modalidad de alto impacto, acompañada de una fonación rígida y de empuje. Los repliegues vocales se aducen sobre la línea media y quedan cerrados durante un momento de apnea. Se recomienda el uso con gran cautela.

Este tipo de ataque, dejando de lado el tema patológico, lo utilizan los cantantes líricos como recurso estilístico para expresar un ataque dramático especialmente en el Verismo, para el staccato, trilli y efectos de adornos. Los alemanes lo usan, más liviano, para articular y distanciar la pronunciación de las vocales de inicio de palabra de las consonantes de final de palabra.

Hertz: unidad de frecuencia igual a un ciclo por segundo.

Homogeneidad de la voz: cualidad vocal similar en la tesitura dentro de un mismo registro de voz. La voz homogénea se percibe como una voz pareja, sin cambios de cualidad ni calidad.

Hueso hioides: es el hueso que se encuentra encima de la laringe y no articula con ningún otro hueso. Forma parte del complejo hio-gloso-faríngeo y participa en las funciones de deglución, habla y canto, entre otras.

Impedancia acústica: resistencia que pone el medio de propagación al desplazamiento de las partículas ante el pasaje de una onda. Se puede obtener como el cociente entre la presión sonora y la velocidad de las partículas del medio. Para el aire es de alrededor de 410 Rayl [1 Rayl = 1 kg/(m²s)].

Intensidad de la voz: la intensidad de la voz suele asociarse con la percepción subjetiva que suele designarse como “volumen”.

La intensidad de la voz está relacionada con la presión subglótica (SGP), la velocidad del aire en la espiración, la amplitud de vibración de las cuerdas vocales y la conformación de las cavidades de resonancia.

Intensidad sonora: la intensidad sonora es el flujo de energía acústica por unidad de tiempo a través de una unidad de superficie. La intensidad acústica se expresa en W/m^2 . El nivel de intensidad se expresa en dB y es numéricamente igual al nivel de presión sonora (expresado en la misma unidad).

Labios: sistema muscular esfinteriano cubierto por piel y mucosa. Los labios participan en la resonancia y en funciones estomatognáticas como deglución, succión y articulación, entre otras. Actúan además en la formación de la posición de la máscara, esbozando una posición de leve sonrisa y acompañando la dilatación de las fosas nasales y los movimientos faciales de los trigéminos.

Ver también *músculos orbiculares*.

Laringe: órgano tubular, impar, simétrico y móvil situado en la parte media y anterior del cuello (se extiende desde C3 a C6 aproximadamente), por delante de la faringe y por debajo del hueso hioides. Aloja a los repliegues (cuerdas) vocales.

Laringe baja: control de la laringe por parte del cantante, para darle una posición de flexible descenso y así aumentar el espacio hipofaríngeo y vestibular. Una de las formas para alterar el posicionamiento vertical de la laringe es a través de modificaciones de la cavidad bucofaríngea.

Lengua: órgano muscular móvil formado por 17 músculos (uno impar y 8 pares), alojado en la cavidad bucal que se relaciona mediante sus músculos con hioides, mandíbula, apófisis estiloides, paladar blando y pared de la faringe. Es un órgano con inervación sensorio-motora, que cumple funciones en la deglución, articulación, resonancia, entre otras.

Longitud de onda: distancia que recorre una onda en un tiempo igual a un periodo.

Distancia, en la dirección de progresión de una onda periódica, entre dos puntos sucesivos en los que, en un mismo instante, la fase es la misma (es decir, se encuentran ambos con la misma elongación y en igual condición en cuanto a su movimiento).

Mandíbula: es el único hueso móvil presente en el cráneo. Sus movimientos (protrusión, retracción y diducción o lateralización), que se realizan a expensas de la articulación témporo-mandibular (ATM) y diferentes músculos, cumplen funciones resonanciales y permiten la realización de las diferentes funciones estomatognáticas. La ATM relaciona la mandíbula con el hueso temporal y la base del cráneo. Fisiológicamente hay una relación de la mandíbula con el cartílago y membrana hioides y tiroides.

Máscara o maschera: área de la cara, entre los ojos, pómulos y el labio superior, donde se percibe, desde la sensibilidad propioceptiva, la sensación de vibración al cantar. En efecto, el concepto de máscara está ligado a la percepción vibratoria que se siente durante la emisión de un sonido "impostado y proyectado" a nivel del tejido óseo y de los tejidos blandos de la zona especificada. La voz en la máscara es un efecto vibratorio y no una real resonancia físico-acústica.

Matices: cambios de intensidad del sonido.

Mezza di voce, messa di voce o filato: nota de duración sostenida, que va de un ataque en dinámica *piano*, a un *crescendo* y finaliza en un *diminuendo*. Algunos cantantes diferencian la mezza di voce del filato, identificando a éste último como una nota que va atacada pianissimo y es de duración sostenida, generalmente en los agudos de las sopranos.

Modificaciones buco-faríngeas: el movimiento de los órganos articuladores genera cambios de área en las cavidades que forman el tracto vocal. Estas estructuras pueden controlarse a voluntad ya sea para modificar los sonidos glóticos o para producir nuevos sonidos.

Modo de articulación: refiere a la posición y grado de apertura o de cierre que los órganos articulatorios producen frente a la corriente de aire.

Moldes vocálicos: formas que adoptan las estructuras articulatorias y resonanciales específicas para cada vocal, aprendidas en el proceso de la formación de la voz lírica, que favorecen la impostación. Los cinco moldes básicos del canto lírico (a – e – i – o – u) no deben ser confundidos con las mal llamadas cinco vocales “puras” del castellano.

Molde combinado o mixto: es la función de mezclar las vocales armando un nuevo molde para adaptarlo a la resonancia del canto lírico.

Mordiente: referido al timbre de la voz, es sinónimo de brillo, squillo, filo o punta. Depende del contacto vertical que generan los repliegues vocales al aducirse y el estrechamiento del tracto vocal bajo. Se relaciona en gran medida con la energía que tengan los armónicos altos del espectrograma (cercano a los 3000 Hz) y, en particular, con el formante del cantante.

Músculo orbicular: músculo facial que bordea los labios y ayuda a darles forma. Ocupa el grosor de los labios y está formado por fibras musculares dispuestas de manera concéntrica alrededor de la abertura vocal. Las fibras más profundas guardan relación con el músculo buccinador, mientras que las superficiales derivan de otros músculos. Su contracción determina el cierre de la boca. Tiene importantes funciones en la masticación, la deglución, la succión y en la articulación de la palabra.

Es responsable de movimientos que colaboran con la resonancia de la voz cantada. Incide en la posición de protrusión de los labios, relacionada con el formante del cantante.

Nivel de presión sonora continuo equivalente $L_{eq,T}$: es el nivel de presión sonora de un sonido de nivel constante durante todo el intervalo de tiempo considerado $T = t_2 - t_1$ que, de haber ocurrido, habría hecho llegar a la membrana del tímpano la misma cantidad de energía que la secuencia de sonidos que efectivamente tuvo lugar durante ese intervalo. Es un promedio energético. Se evalúa mediante la expresión:

$$L_{eq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

Donde $L_{eq,T}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente determinado sobre un intervalo de tiempo $T = t_2 - t_1$; $p(t)$ es la presión sonora instantánea de la señal sonora; y p_0 es la presión sonora de referencia de 20 μ Pa.

Si se emplea una ponderación frecuencial, por ejemplo la “A”, la notación resulta ser $L_{A,eq,T}$.

Octava: intervalo de frecuencias que media entre dos sonidos cuando la frecuencia del segundo es el doble de la del primero. Por ejemplo, la nota LA₄ tiene una frecuencia de 440 Hz; la siguiente nota LA (LA₅) tiene una frecuencia de 880 Hz.

Onda sonora: es una onda de presión que requiere un medio material para propagarse y que, por sus características de presión e intensidad, puede generar sensación auditiva en el oído humano.

Oscilograma: es un gráfico que también se refiere como de evolución temporal de una señal. En el eje de las abscisas, se representa el tiempo y en el de las ordenadas, la amplitud de la onda en cuestión. El oscilograma permite visualizar la forma de la onda; cuando se trata de una onda periódica, es posible encontrar su frecuencia fundamental F₀ contando los picos ocurridos en un intervalo de tiempo.

Pabellón faringobucal: ver *tracto vocal*.

Paladar blando o velo del paladar: formación fibromuscular móvil que continúa posteriormente al paladar duro. Se extiende hasta el borde libre curvo del que cuelga una pequeña prolongación carnosa denominada *úvula*. Lateralmente se continúa con los llamados pilares del velo del paladar que, junto con la porción posterior de la lengua, delimitan el istmo de las fauces (comunicación de la porción oral de la faringe con la cavidad bucal).

En su espesor se encuentran una serie de músculos apareados que alteran su forma y posición. Entre ellos se destaca el músculo elevador del velo del paladar cuya función es elevar el velo para lograr el cierre hacia la cavidad nasal. La acción coordinada de los músculos del velo, los constrictores faríngeos y la lengua cumplen importantes funciones tanto en la deglución como en la respiración y el habla. En este último punto cobra especial atención en relación a los aspectos tímbricos del sonido, determinando el grado de nasalidad/oralidad de la voz ya sea hablada o cantada.

Paladar óseo o duro. es la porción ósea del paladar. Está formado por la apófisis palatina del hueso maxilar y la lámina horizontal del hueso palatino que se encuentran en una sutura cruciforme. Está recubierto por mucosa y submucosa que contiene tejido graso en su parte anterior y las glándulas salivales palatinas en la zona posterior.

El área palatal anterior es el punto de vibración estable llamado *punto de máxima concentración sonora* o **Punto de Mauran**. Pertenece a la zona conocida como *máscara* junto a los pómulos, los labios y dientes, formando parte del sistema de resonancia.

Pasaje de registro: el pasaje es la zona de transición entre un registro y el consecutivo (ver **Registro**). El pasaje se da en un punto donde la emisión en voz plena no puede continuar hacia los agudos, sin puntuales modificaciones del tracto vocal. Existen multiplicidad de descripciones sobre qué notas son las implicadas para cada tipo de voz, dado que el pasaje no se produce a la misma altura para todas las voces. En principio, las transiciones asociadas a los pasajes estarían causadas por un cambio en el mecanismo vibratorio de los repliegues vocales o por efectos de resonancia del tracto vocal.

El pasaje es el lugar donde puede ocurrir la ruptura de la voz (ver **Gallo**), ya que se cambia de un mecanismo de voz a otro. El segundo pasaje corresponde al cambio propioceptivo más importante en el canto lírico, por lo que usualmente al hablar de "pasaje" se alude por defecto a este segundo pasaje.

Pascal: unidad de presión que corresponde a una fuerza de 1 N aplicada sobre una superficie de 1 m²:
1 Pa = 1 N/m²

Período: en una onda periódica, el tiempo T que tarda en realizar un ciclo completo; es inversamente proporcional a la frecuencia: $f = 1/T$; $T = 1/f$

Presión: magnitud física que se refiere a la razón de la fuerza aplicada sobre el área en que ésta actúa. Su unidad de medición es el Pascal (1 Pa = 1 N/m²).

Presión sonora: en acústica se designa así a la sobrepresión relativa a la presión de equilibrio del medio. Cuando el medio de propagación es el aire, la presión sonora es la sobrepresión (o diferencia de presión) entre la presión absoluta en un punto y la presión atmosférica en el mismo punto.

Presión subglótica: la intensidad de la emisión vocal depende principalmente de la presión subglótica y ésta, de la presión pulmonar. Si se aumenta la presión subglótica sin realizar otros cambios, la frecuencia del sonido emitido aumenta de manera proporcional a la presión.

Punto de articulación: refiere a la zona o punto donde se aproximan o se ponen en contacto dos órganos articulatorios (por ejemplo, punta de lengua y paladar óseo) para producir el cierre o el estrechamiento del tracto vocal, provocando la constricción de la corriente de aire, que genera turbulencias o, en el caso de las vocales, la modificación de la forma y volumen del tracto vocal.

Punto de Mauran o punto de máxima concentración sonora (PMCS): el resonador de la voz de mayor importancia es el pabellón faringo-bucal que posee gran riqueza sensitiva, absorbe el sonido y da a los armónicos mayor intensidad. Este pabellón se divide en distintas zonas (palatal anterior, palatal posterior, velofaríngea, etc.).

La zona palatal anterior también se conoce como Punto de Mauran (en homenaje al barítono francés Jean Mauran, cantante de la Ópera de París quien, observándose a sí mismo y a sus colegas, escribió un primer método basado en las sensibilidades internas con fecha 1928). Es ésta la región que presenta más destacadas las virtudes del pabellón faringobucal (ver **tracto vocal**), volviéndola la zona más importante de este resonador.

El punto de Mauran está ubicado por detrás de los incisivos superiores. En él la voz tiene la máxima amplificación antes de proyectarse al exterior. Las características que se consiguen del sonido vocal con la resonancia son la brillantez, la riqueza sonora en las dinámicas y la redondez (se relaciona con el equilibrio entre el espesor y la punta de la voz).

Quiebres tonales / diplofonía / gallo: cambio involuntario y abrupto del tono generalmente hacia los tonos agudos. En la pubertad es considerado normal (afecta más a hombres que a mujeres). Su presencia se puede relacionar también con cansancio vocal, tensión, tono desplazado, etc. Generalmente los quiebres tonales se producen en el cambio del registro modal a falsete.

Rango dinámico: diferencia en dB entre los niveles máximo y mínimo de una señal.

Registro: serie de tonos sucesivos homogéneos, que se originan bajo el mismo principio mecánico. Los registros pueden superponerse en algunos tonos. Diversos registros tienen sonoridades diferentes. Esas diferencias acústicas responden al moldeado que resulta del pasaje de la señal por el tracto vocal y, fundamentalmente, a las diferencias en la fuente de la señal vocal.

Registro modal: registro en que los repliegues vocales presentan una vibración regular y existe una tensión longitudinal, medial y aductiva moderada. La vibración cordal es regular y periódica, y los repliegues vocales se aducen a lo largo de toda su longitud. Es una voz rica en armónicos.

Repliegues vocales: son dos repliegues mucosos ubicados en el interior de la laringe. Son los responsables directos de la producción de la frecuencia fundamental de la voz, entre otras funciones como ser la respiratoria y la esfinteriana.

Resonadores: ver *Cavidades de resonancia*.

Resonancia: se refiere a la excitación o atenuación de grupos o regiones de armónicos en las estructuras del tracto vocal. Estos conjuntos de armónicos organizados son los **formantes** y se crean gracias a la configuración del tracto vocal, resultando frecuencias concretas de resonancia.

Respiración: función innata, vital y automática que garantiza la hematosis y secundariamente proporciona energía aerodinámica para el habla y el canto.

Serie armónica de sonidos: serie de sonidos en la que la frecuencia de cada uno de ellos es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental (F0), que es la frecuencia más baja de la serie. Musicalmente, la serie de los primeros armónicos viene dada por la siguiente secuencia de intervalos: fundamental (F0 o 1º armónico); 8ª (2º arm.); 8ª + 5ª J (3º arm.); dos 8ª (4º arm.); dos 8ª + 3ª M (5º arm.); dos 8ª + 5ª J (6º arm.); dos 8ª + 7ª m (7º arm.); tres 8ª (8º arm.).

Sinergia laríngea: refiere al accionar de la musculatura intrínseca de la laringe de forma coordinada, a la hora de emitir sonidos.

Sobretonos / sonidos armónicos: ver *armónicos*.

Sonido: físicamente es una onda de presión capaz de generar sensación auditiva en el oído humano.

Fisiológicamente es una sensación producida en el oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como es el aire. Está generado por vibraciones cuya altura e intensidad se adaptan a las posibilidades de captación del oído humano.

Sonido coperto, raccolto o cobertura: característica de la voz producida con epiglotis levantada, mantenimiento de la posición descendida de la laringe e inclinación del cartílago tiroideos sobre el cricoides, realización de un amplio espacio faríngeo y vestibular laríngeo y ascenso del velo del paladar. Este es el comportamiento típico del pasaje de los sonidos centrales a los agudos en el canto lírico. Se percibe como una redondez vocálica, de color oscuro y suave con sensación de cuerpo.

Sonograma: gráfico en que se representa la evolución temporal de la amplitud de las diferentes componentes frecuenciales de un sonido, o sea, la evolución temporal del espectro del sonido. En el eje horizontal del espectrograma se señala el tiempo; en el eje vertical, la frecuencia. La amplitud es mostrada en la imagen empleando una gama de colores que representa la mayor o menor intensidad del sonido.

Subarmónico una frecuencia submúltiplo de una dada. Suele aparecer como producto de distorsión sustractivo cuando un sistema no lineal se excita con dos tonos cuyas frecuencias están en proporción

$n:m$, con n y m enteros (por ejemplo dos tonos de 500 Hz y 600 Hz darán como resultado un subarmónico de 100 Hz, que es el quinto subarmónico de 500 Hz y el sexto subarmónico de 600 Hz).

Tesitura: rango de tonos que un cantante puede emitir desde los graves a los agudos, considerando la comodidad y la estética. La tesitura dependerá del estilo musical del cantante y de la clasificación vocal que posea (soprano, mezzosoprano, contralto, tenor, barítono, bajo).

Tiempo máximo de espiración: tiempo que es capaz una persona de mantener la espiración (salida del aire) después de una inspiración profunda o forzada.

Tiempo máximo fonatorio: es el tiempo máximo en el que el sujeto es capaz de mantener la producción de una emisión vocal sostenida.

Timbre: es una de las cualidades fonoacústicas de la voz, junto al tono y la intensidad. Es el resultado de la sumatoria de la frecuencia fundamental (generada en la laringe) y los armónicos (múltiplos enteros del fundamental) que se recrean en las cavidades de resonancia.

Tipo respiratorio: refiere a la zona del cuerpo que a la vista sufre mayor modificación al momento de la inspiración (entrada del aire). El tipo respiratorio puede ser: clavicular, superior, abdominal o costodiafragmático.

Tonismo: término empleado para referirse al estado muscular, por ejemplo el estado o tono muscular de los repliegues vocales.

Tono: es la percepción subjetiva de la frecuencia.

Tracto vocal, tractus vocalis, pabellón faringobucal o cavidad bucofaríngea: el tracto vocal está constituido por las cavidades oral, nasal, la faringe, la laringe y los órganos articulatorios fijos y móviles. La longitud típica del tracto vocal es de unos 17-18 cm. Se considera que el tracto vocal es un resonador de cavidad, por lo que cualquier modificación producto del movimiento de las estructuras supraglóticas afectará la resonancia de la voz. Cada forma que adquiere el tracto vocal tiene una determinada curva de resonancia y genera un sonido determinado.

Umbral de presión fonatoria UPF: presión subglótica mínima requerida para vencer la resistencia de los repliegues vocales aducidos y comenzar la **fonación**.

Úvula: ver *Paladar blando*.

Velocidad del sonido: velocidad de propagación de la onda sonora. Para aire a 20 °C y a nivel del mar, es de unos 344 m/s. La velocidad del sonido depende del medio de propagación y de la temperatura.

Vibrato: consiste en fluctuaciones temporales de la frecuencia, de la intensidad y del timbre de la voz. Si está bien realizado es una cualidad de la voz, de lo contrario es un defecto.

Vocales: son sonidos que se producen con una configuración relativamente abierta del tracto vocal; no hay obstrucción articulatoria al paso de aire sonorizado.

Vocalización o vocalizo: ejercicios que abordan de forma holística la preparación corporal, respiratoria, vocal y resonancial, con el fin de activar la musculatura implicada en la fonación y prepararla para una posterior demanda vocal, ajustando el timbre y la afinación.

Volumen de voz: se refiere a la *intensidad*.

Voz de cabeza o voce di testa: en la voz lírica, término utilizado en referencia a las sensaciones vibratorias percibidas en la cara y en el cráneo durante la emisión de la voz plena (no del falsete) en los tonos agudos, llegando a la segunda octava de la voz. Este tipo de voz, junto a la voz de pecho, no constituye un registro. En el curso de una emisión sobre tonos ascendentes a intervalos regulares, entra gradualmente en actividad el músculo cricotiroides. Éste tensa los repliegues vocales, afinándolos. Al aumentar la frecuencia del sonido, la percepción de la vibración en la cabeza asciende.

Voz lírica: voz que desarrolla una tesitura amplia, normalmente de dos octavas o más, que se caracteriza por el buen timbre, el volumen considerable gracias al buen uso de las resonancias, un vibrato homogéneo, la posibilidad de una mezza di voce, de la agilidad y coloratura. Canta normalmente un repertorio académico.

Generalmente las resonancias utilizadas en voces no educadas son pequeñas y no acompañan las exigencias del canto lírico: timbre claro, a veces estridente con la ausencia de intensidad en el formante grave y un predominio del timbre extra-vocálico (estridencia-brillo) sobre el vocálico (sombreado-espesor) y muchas veces con ausencia de vibrato.

Voz nasal en la voz cantada: la nasalidad se debe a la postura relajada del velo del paladar que habilita que la columna sonora pase a la rinofaringe y se dirija al pabellón nasal. La nasalización es armónicamente muy pobre.

Voz de pecho o voce di petto: en la voz lírica, término utilizado en referencia a las sensaciones vibratorias percibidas durante la emisión de la voz plena en las tonalidades medias y graves. No constituye un registro porque no es un evento laríngeo. Se distingue por las sensaciones vibratorias a nivel de la caja torácica. Durante este tipo de emisión, el músculo vocal acorta la cuerda aumentando la masa vibrante y desencadenando vibraciones esqueléticas dirigidas hacia el tórax. Tiene muchos componentes armónicos.

Voz plena o voce piena: registro primario de la voz lírica, que se refiere a un evento puramente laríngeo. Es el registro opuesto al del falsete, con una emisión vocal de tiempo de contacto glótico más importante y con armónicos que alcanzan hasta los 4000 Hz. El timbre vocal resulta rico en resonancias, bueno en intensidad y con sensación perceptiva de sonido grande y presente.

3 ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA VOZ

3.1 ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA PRODUCCIÓN VOCAL

La producción vocal es el resultado de la compleja interacción de los sistemas neuromuscular, respiratorio, fonatorio, auditivo, endócrino, resonancial y articulatorio, con la coordinación de los subsistemas neurológicos central y periférico (Farías, 2007).

Para su mejor comprensión, se ahondará uno a uno en los subsistemas que intervienen directamente en la producción vocal. Si se toma como referencia a la glotis, se pueden definir 3 cavidades implicadas en la fonación:

- **Cavidades subglóticas (subsistema respiratorio):** son las vías respiratorias bajas, encargadas de generar la energía aerodinámica necesaria para la producción vocal.
- **Cavidad laríngea (subsistema emisor):** en la laringe se da la transformación de energía aerodinámica en acústica.
- **Cavidades supraglóticas (subsistema de resonancia):** situadas por encima de la glotis. Comprenden faringe, cavidad oral y cavidad nasal. Constituyen el tracto vocal, cuya función es filtrar acústicamente el sonido generado en la laringe.

3.1.1 SUBSISTEMA RESPIRATORIO

3.1.1.1 FUNCIÓN RESPIRATORIA

La respiración es una función innata vital, automática y rítmica que garantiza la hematosis (equilibrio entre O_2 y CO_2 en la sangre) y secundariamente proporciona energía aerodinámica para el habla y el canto.

Los órganos más importantes para la respiración y, por ende, para la fonación son los pulmones. La caja torácica se encarga de la protección de estos órganos (Figura 3.1.1).

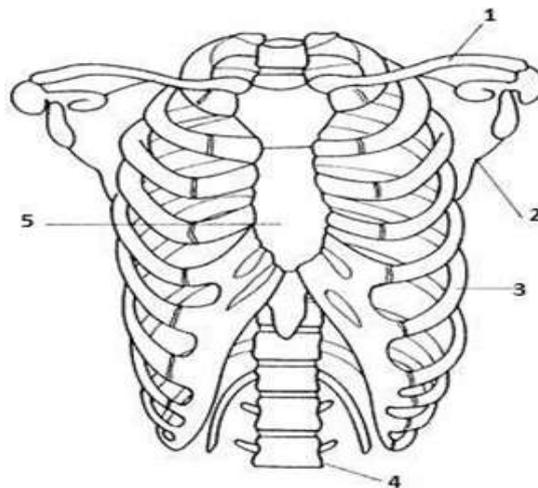
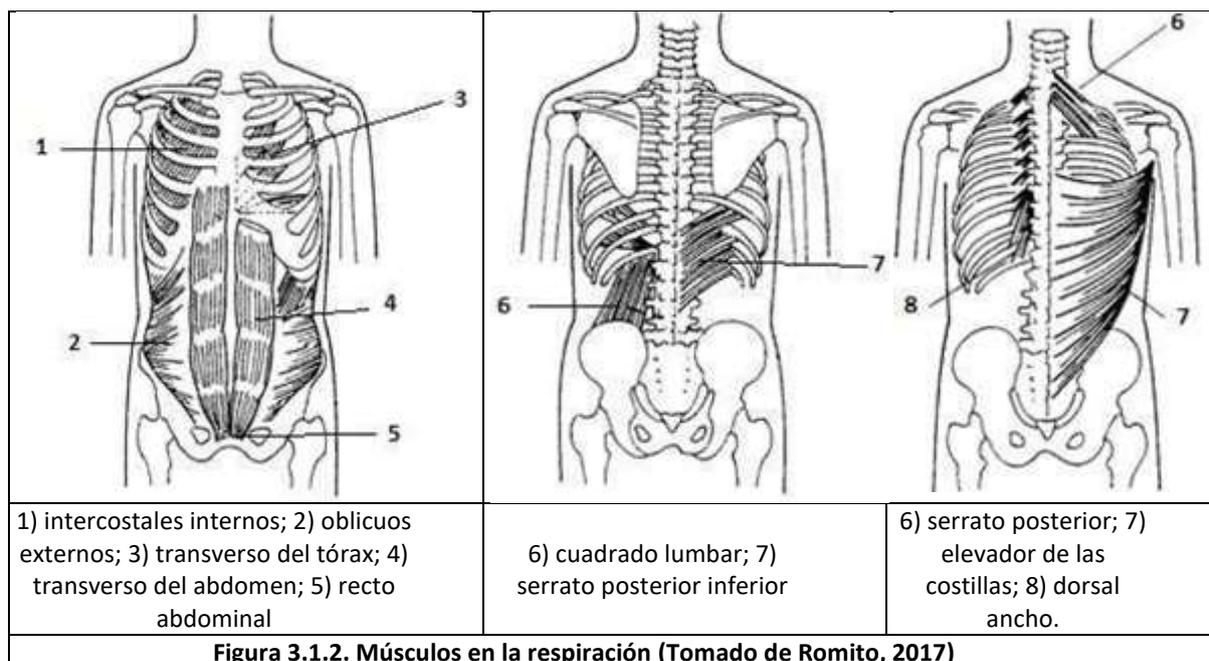


Figura 3.1.1. Estructura ósea: 1) clavícula; 2) omóplato; 3) costillas; 4) columna vertebral; 5) esternón (Tomado de Romito, 2017)

Los músculos torácicos y abdominales, muchos de los cuales están relacionados con la respiración, se muestran en la Figura 3.1.2 y la Figura 3.1.3.



La respiración se cumple en dos tiempos fundamentales, la inspiración y la espiración.

La *inspiración* es un tiempo pasivo, en el cual la caja torácica se expande en sus diámetros anteroposterior y transversal gracias a la acción de los músculos inspiratorios (intercostales externos y diafragma), lo que provoca una presión negativa en el tórax que genera que, por la diferencia de presión intrapulmonar y atmosférica, el aire fluya hacia los pulmones y éstos se expandan.

El diafragma es el principal músculo respiratorio. Está formado por tejido músculo-tendinoso y separa la cavidad torácica de la abdominal. Al contraerse desciende, permitiendo la expansión torácica y de los pulmones, con la colaboración de los intercostales externos. Al decontraerse vuelve a su posición de reposo, recuperando su forma de doble cúpula, cóncavas por arriba y convexas por abajo, sobre la que reposan las bases de los pulmones.

“Su acción representa entre el 60 y 75% del cambio en el volumen intratorácico durante la respiración tranquila y determinará el nivel de profundidad inspiratoria; el resto del volumen 25 al 40% restante será producido por el movimiento de las costillas. Cuando este músculo se contrae, se desplaza verticalmente en sentido caudal alrededor de 1 cm durante la inspiración tranquila y hasta 10 cm cuando es forzada.” (Susanibar, F., 2016)

Los músculos intercostales internos (únicamente la porción intercartilaginosa), el esternocleidomastoideo, el pectoral mayor, los escalenos (anterior, medio y posterior), el pectoral menor, el serrato anterior, el serrato posterior, el elevador de las costillas, el dorsal ancho, los oblicuos externos, el transverso del tórax, el transverso del abdomen, el recto abdominal, el cuadrado lumbar y el serrato posterior inferior, son músculos accesorios que participan en la inspiración profunda o forzada.

En la *espiración*, todos estos músculos que se han activado y colaborado para que el aire ingrese a los pulmones, se relajan y vuelven a su posición de reposo, gracias a sus propiedades elásticas. Como la

presión de los pulmones está aumentada en relación a la presión del ambiente, el aire es espirado de forma pasiva.

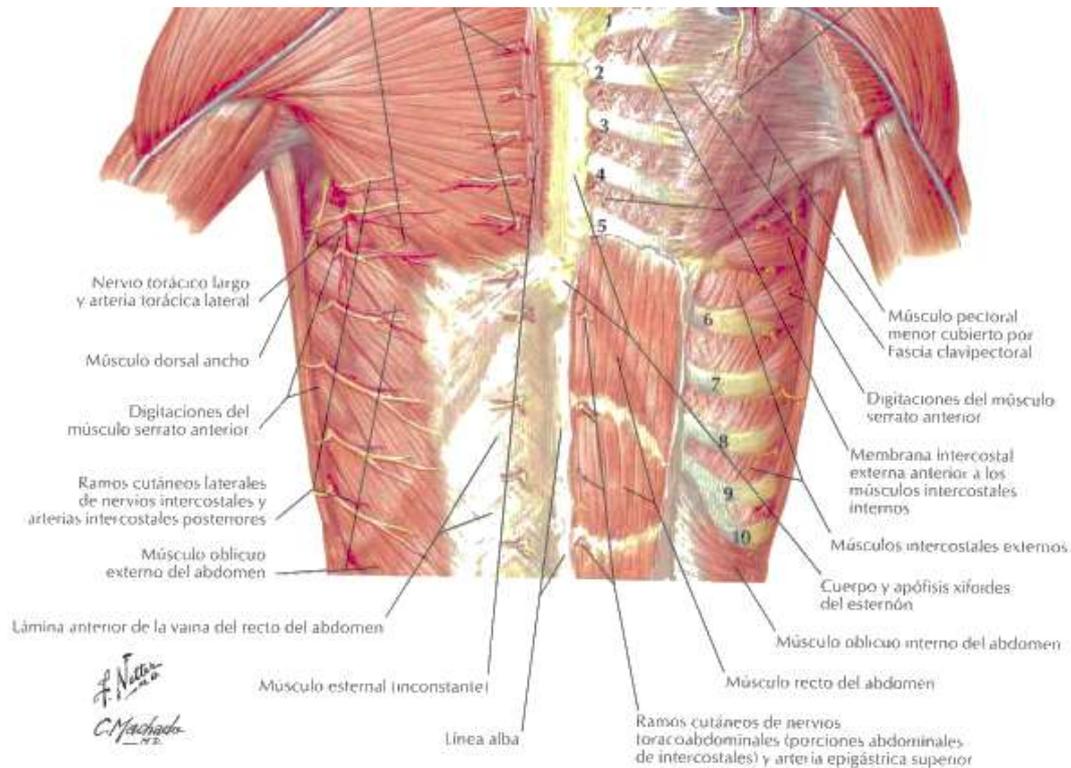


Figura 3.1.3. Músculos torácicos y abdominales (Netter, 2007).

3.1.1.2 RESPIRACIÓN ADAPTADA AL CANTO

En la **respiración adaptada al canto**, tanto la inspiración como la espiración son tiempos activos; la espiración se vuelve activa ya que se produce la lenta y paulatina decontracción del diafragma, gracias al sostén de los músculos intercostales internos (porción interósea), intercostales íntimos, músculos abdominales y músculos accesorios, haciendo posible el soplo fonatorio.

La porción interósea de los intercostales internos cumple la función de deprimir las costillas. Los intercostales íntimos, que cumplen una función antagónica a la de los intercostales externos (músculos inspiratorios), al contraerse deprimen las costillas, halando la caja torácica hacia adentro y abajo (Figura 3.1.4).

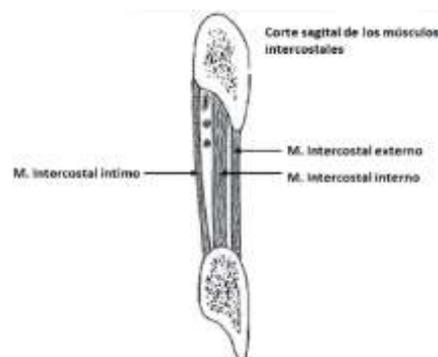


Figura 3.1.4. Músculos Intercostales (Susanibar, F., 2016, adaptado de Rouvière)

Los músculos abdominales (recto anterior, transverso del abdomen, oblicuo interno y externo) forman un equipo que trabaja en armonía para aumentar la presión intra-abdominal; empuja el contenido abdominal contra el diafragma y colaboran para que continúe su movimiento de ascenso controlado.

El tipo respiratorio descrito es el costodiafragmático-abdominal y es el más conveniente para una óptima función vocal. Se caracteriza por una expansión armónica de toda la caja torácica sin desequilibrios en la región superior o inferior. Existe un aprovechamiento de toda el área pulmonar, ya que abarca la región pulmonar baja, coincidiendo con las costillas flotantes (últimos dos pares) y el diafragma. Esto permite que el aire ingrese fácilmente a la base de los pulmones, lo que favorece la ventilación pulmonar y permite una capacidad respiratoria amplia, así como un mejor “apoyo” del aire; de este modo, se posibilita un mejor manejo y dosificación del mismo a lo largo de la emisión vocal. El manejo eficiente de estos grupos musculares permite entonces, el sustento necesario para la columna de aire y evita que la emisión esté acompañada por tensiones, bloqueos y constricción laríngea.

La respiración costodiafragmática-abdominal conduce a una posición laríngea baja durante toda la emisión, lo que protege el sistema laríngeo.

3.1.1.3 APOYO DIAFRAGMÁTICO

Refiere al sostén de la musculatura torácica y abdominal durante el ciclo respiratorio. Consiste en una inspiración de tipo costodiafragmática-abdominal, en la cual se observa un ligero levantamiento de la pared torácica. Luego de una imperceptible pausa, la emisión del sonido se realiza manteniendo la musculatura en posición inspiratoria lo que resulta en un mayor control del sonido debido al ascenso regular del diafragma producto de la acción de los músculos abdominales y los intercostales internos que se relajan una vez que el diafragma llega a su lugar de reposo.

“Se ha planteado que el propósito del apoyo respiratorio es dirigir en forma consciente y adecuada la corriente de aire espirado, con el fin de obtener una óptima función de la laringe y una prolongación de este flujo. De esta forma, este concepto implicaría dirigir de forma consciente y adecuada el soplo espiratorio para lograr una buena función de la laringe.” (Arias et al., 2008)

De acuerdo a la forma en que se toma y expulsa el aire, se distinguen diferentes *gestos respiratorios*:

- **Nasal:** es el gesto fisiológico que implica el ingreso de aire por nariz, óptimo para la fonación ya que activa el reflejo naso-diafragmático, lo que permite mejorar la calidad del soplo espiratorio y dar así un uso más eficiente del aire para la emisión vocal ya sea hablada o cantada. Además, la nariz se encarga por un lado de humidificar, filtrar y evitar el ingreso de bacterias a través del aire inspirado. Y por otro, el gesto respiratorio nasal asegura el crecimiento y desarrollo equilibrado del tercio medio e inferior de la región orofacial y promueve el equilibrio de las presiones intraorales ejercidas sobre la mandíbula, maxilar, dientes, gracias a la oclusión de la cavidad oral mediante el cierre de labios.
- **Bucal:** el aire ingresa por boca, limita la capacidad respiratoria. Al no ingresar por la nariz, el aire no es filtrado ni humidificado, reseca las mucosas de las vías respiratorias superiores en general, y la mucosa de los pliegues vocales en particular.
- **Mixto:** el aire ingresa indistintamente por boca y por nariz.

Fisiológicamente el gesto o modo respiratorio en reposo es nasal, mientras que en la voz hablada o cantada predomina el modo o gesto mixto.

3.1.2 SUBSISTEMA EMISOR

3.1.2.1 LARINGE

La **larinxe** es un órgano tubular, impar, simétrico y móvil situado en la parte media y anterior del cuello (límite inferior en la sexta vértebra cervical C6), por delante de la faringe y por debajo del hueso hioides. Forma parte del sistema respiratorio y comunica superiormente con faringe e inferiormente con tráquea, siendo los repliegues vocales, el límite entre las vías respiratorias superiores e inferiores.

Funciones laríngeas

- **Función respiratoria:** permite el intercambio gaseoso de los pulmones con el exterior, asegurando la hematosis.
- **Función esfinteriana:** función vital en la que la larinxe protege las vías aéreas inferiores durante la deglución a través de la báscula de la epiglotis, la contracción de los repliegues ariepiglóticos que cierran el vestíbulo laríngeo y el cierre doble de esfínteres intralaríngeos (bandas ventriculares y repliegues vocales). (Broto, 2006).
- **Función fonatoria (función secundaria o adquirida):** a nivel de los repliegues vocales, la energía aerodinámica es transformada en energía acústica, generándose la frecuencia fundamental (F0) que luego será filtrada en las cavidades de resonancia.

Anatomía

La larinxe presenta un esqueleto compuesto de piezas cartilagosas, articulaciones y ligamentos. (McFarland, 2008).

Se puede dividir en las siguientes regiones anatómicas (Farías, 2016):

- *Larinxe supraglótica:* incluye la epiglotis, bandas ventriculares, ventrículos, pliegues ariepiglóticos y cartílagos aritenoides.
- *Glottis:* aquí se encuentran los repliegues vocales, la comisura anterior y posterior.
- *Región subglótica:* va desde la cara inferior de los repliegues vocales hasta el borde inferior del cartílago cricoides.
- *Área marginal e hipofaringe:* incluye a los senos piriformes, las valéculas glosa-epiglóticas, paredes laterales y posteriores de la faringe y la pared faríngea del cricoides.

1) Esqueleto cartilaginoso

Está constituida por tres cartílagos medios o impares (tiroides, cricoides y epiglótico) y tres laterales o pares (aritenoides, corniculados de Santorini y cuneiformes, de Wrisberg o de Morgagni; estos dos últimos son cartílagos accesorios). En la Figura 3.1.5 se muestran vista anterior, posterior y corte del esqueleto cartilaginoso de la larinxe.

Tiroides

Cartílago hialino situado por debajo del hueso hioides, unido a él por la membrana tiro-hioidea. Tiene forma de escudo o libro abierto, estas láminas divergen hacia atrás formando un ángulo que en el hombre es de 90 ° y en la mujer de 120 ° y es lo que coloquialmente se conoce como “nuez de Adán”.

Su función principal es proteger los repliegues vocales. Además, realiza un movimiento de báscula y se desplaza ligeramente hacia adelante o atrás, manipulando de esta manera el pitch o tono.

Cricoides

Cartílago hialino con forma de anillo que se adelgaza hacia adelante y hacia los lados, formando el arco, y posteriormente se expande en una lámina gruesa y cuadrada.

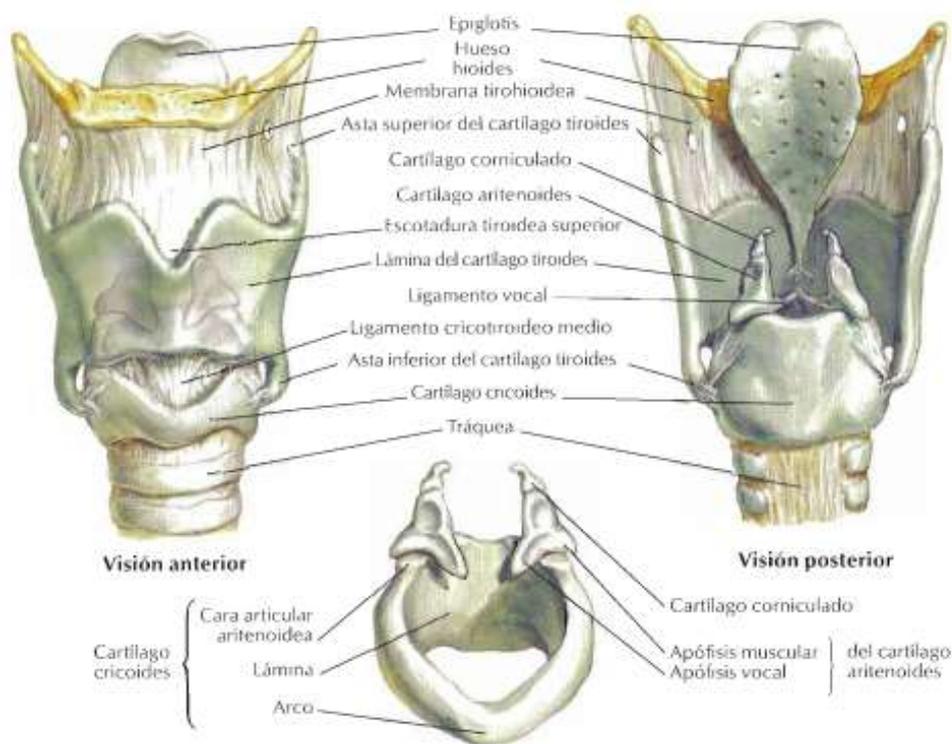


Figura 3.1.5. Cartílagos laríngeos (Netter, 2007).

Está situado por debajo del cartílago tiroides (articulando con sus astas menores) y por encima de tráquea. Esta articulación con tiroides, facilitan la báscula tiroidea hacia adelante, generando un aumento de tensión en los repliegues vocales. También articula con los aritenoides, permitiendo un movimiento de balance y deslizamiento que provoca la abducción y aducción de los repliegues vocales.

Epiglotis

Cartílago fibroelástico con forma de hoja que se proyecta hacia arriba, detrás de la lengua y el hueso hioides. Su borde superior es libre y su cara anterior está cubierta por mucosa que viene desde la lengua. La porción inferior se inserta al ángulo entre las láminas tiroideas, y la porción superior se dirige hacia arriba y hacia atrás. Desde cada lado de la epiglotis la mucosa se continúa como un pliegue que pasa hacia los cartílagos aritenoides, éste se conoce como pliegue ariepiglótico.

Se relaciona entonces con tiroides (a través del ligamento tiroepiglótico), con la base de la lengua (a través de repliegues glosopiglóticos) y con hueso hioides (a través del ligamento hioepiglótico).

Constituye uno de los mecanismos de protección las vías aéreas inferiores durante la deglución al obturar la laringe, se eleva junto con el hueso hioides.

Aritenoides

Cartílagos hialinos pares ubicados sobre el borde superior de la lámina del cartílago cricoides en el borde posterior de la laringe. El vértice se curva hacia atrás y medialmente para la articulación con el cartílago corniculado.

Son cartílagos simétricos con forma de pirámide de tres caras:

- Cara medial
- Cara posterior (donde se inserta el músculo interaritenoso)
- Cara anterolateral (donde se inserta el ligamento tiroaritenoso: ligamento vocal)
- Base (articula con cricoides)

En el ángulo inferior y anterior de la base, está la apófisis vocal, donde se inserta el ligamento vocal. En el ángulo externo (formado entre la base y la cara posterior) está la apófisis muscular, donde se insertan el cricoaritenoso posterior (músculo respiratorio) y el cricoaritenoso lateral (músculo constrictor de los repliegues vocales).

Cartílago Corniculado o de Santorini

Son dos cartílagos fibroelásticos, ubicados por encima del cartílago aritenoides. Dan rigidez a los repliegues ariepiglóticos.

Cartílago cuneiforme o de Wrisberg

Son dos cartílagos fibroelásticos muy pequeños ubicados a nivel de los repliegues ariepiglóticos, a los que confieren rigidez.

2) Ligamentos y membranas

Los cartílagos de la laringe se unen entre sí y con otras estructuras adyacentes con la ayuda de un grupo de ligamentos y membranas. Éstas le aportan estabilidad y variedad de movimientos elásticos que permiten a los cartílagos cumplir con sus funciones en la respiración, deglución y fonación.

Ligamentos y membranas extrínsecas:

Suspenden y unen a la laringe a las estructuras adyacentes, además de encerrar la estructura laríngea.

- **Membrana tirohioidea:** membrana elástica que va desde el borde superior de tiroides hasta borde inferior de hueso hioides, encargada de suspender la laringe. Es atravesada por la arteria, vena y nervio laríngeo superior.
- **Membrana cricotraqueal:** va del borde inferior de cricoides al primer anillo traqueal.

- **Membrana hioepiglótica:** va desde el cuerpo de hioides (borde superior) a epiglotis (cara anterior). Esta membrana permite el descenso laríngeo durante la deglución.
- **Ligamentos glosopiglóticos (3):** van desde la epiglotis a la mucosa lingual; elevan la mucosa y forman los repliegues mucosos glosopiglóticos.
- **Ligamentos faringo-epiglóticos:** van de bordes laterales del cartílago epiglótico a la mucosa faríngea lateral. Contribuyen a formar a cada lado, el repliegue faringo-epiglótico.

Ligamentos y membranas intrínsecas:

Unen entre sí los cartílagos laríngeos regulando la extensión y dirección de sus movimientos. Recubren y sostienen los cartílagos formando una capa.

- **Membrana cricotiroides:** une borde superior del cricoides con borde inferior del tiroides.
- **Membrana cricovocal o cono elástico:** va de la cara interna de arco cricoideo y borde superior del cricoides, hasta el ligamento vocal. Es una hoja continua de membrana que envuelve a los cartílagos tiroides, cricoides y aritenoides.
- **Membrana cuadrangular:** es una especialización elástica de la lámina propia que va de epiglotis a los aritenoides, formando los ligamentos ariepiglóticos y el ligamento tiroaritenoides superior.
- **Ligamento crico-aritenoides o yugular:** va de la escotadura media de la placa cricoidea, por los aritenoides y se bifurca en 2 fascículos que se insertan en los cartílagos corniculados.
- **Ligamento tiroaritenoides:** va desde el tubérculo vocal (tiroides) hasta los aritenoides. El ligamento tiroaritenoides superior se inserta en las fosas hemisféricas de aritenoides y el inferior en las apófisis vocales de aritenoides, siendo éste último, el cuerpo de los repliegues vocales (entre la mucosa y el músculo vocal).

3) Articulaciones

Permiten los movimientos laríngeos. Entre las articulaciones laríngeas cabe destacar, por su importancia en la emisión vocal:

Articulación cricotiroides

Une astas inferiores del tiroides con las caras externas de la lámina cricoidea, permitiendo los movimientos de báscula y desplazamiento, aumentando o disminuyendo la tensión de los ligamentos vocales y repliegues vocales (Figura 3.1.6).

Articulación cricoaritenoides:

Une la base de los aritenoides con el borde superior de lámina cricoidea, permitiendo los siguientes movimientos de los aritenoides:

- **Deslizamiento:** rotación que abduce y aduce los repliegues vocales.

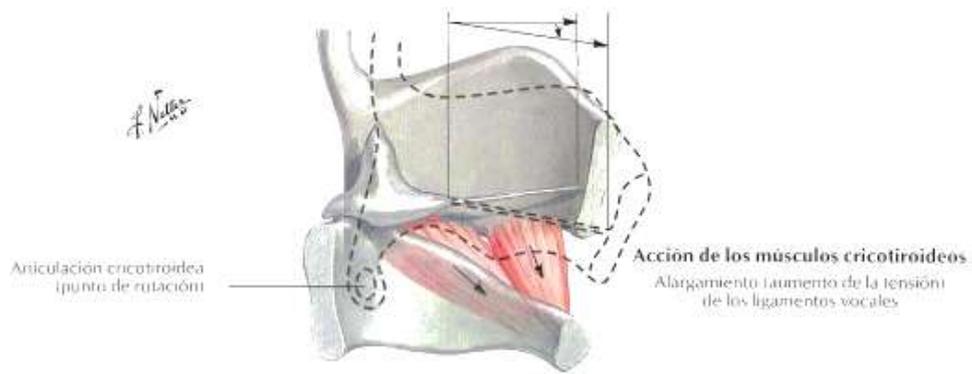


Figura 3.1.6. Articulación cricotiroides (Netter, 2007)

- Basculación hacia adelante: aproxima los ligamentos y repliegues vocales (ayudando al cierre glótico) o hacia atrás colaborando con la abducción de los mismos.
- Rotación: provocando el desplazamiento de las apófisis vocales hacia adentro o afuera.

4) Músculos

Los músculos laríngeos se pueden clasificar en: extrínsecos (sus dos inserciones fuera de la laringe; ver Figura 3.1.7), los perilaríngeos (tienen una inserción dentro y otra/s fuera de la laringe) y los músculos intrínsecos (cuyas inserciones se encuentran en la laringe; ver Figura 3.1.8).

Músculos extrínsecos

Se encargan de mover la laringe en su conjunto y la conectan a través del hueso hioides con cráneo, cintura escapular, facilitando su movimiento vertical. Además, permiten adaptar las cavidades de resonancia durante la producción vocal y cumplen también funciones en la deglución y respiración.

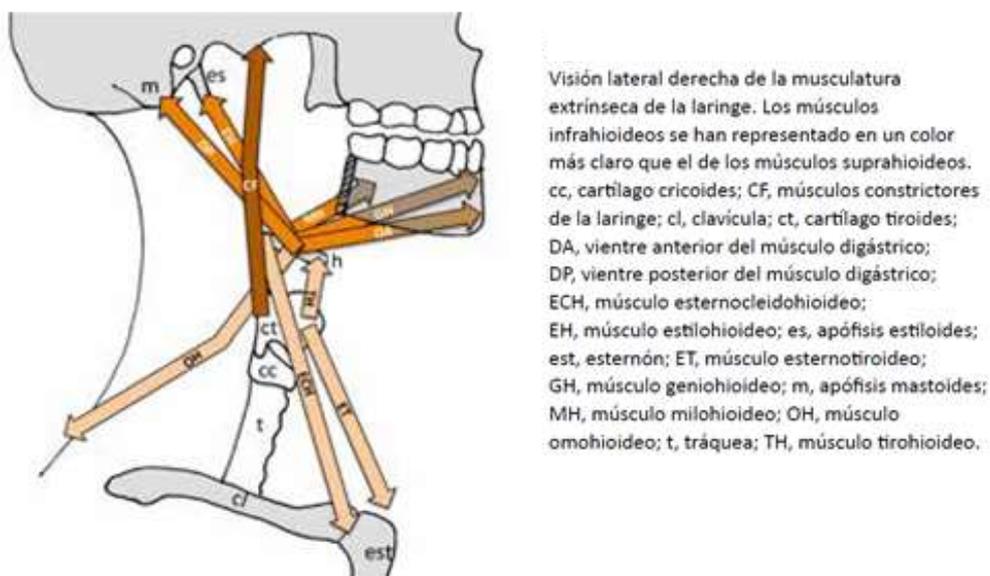


Figura 3.1.7. Músculos extrínsecos laríngeos (Cobeta et al., 2013).

Según su ubicación, estos músculos se clasifican en:

- **Músculos suprahioides:** se encargan de elevar la laringe durante la espiración, deglución y en algunos casos fonación. Incluyen a los músculos digástrico, estilohioideo, milohioideo y geniohioideo.
- **Músculos infrahioides:** se ubican por debajo del hioides, se encargan de descender la laringe en inspiración, deglución, fonación. Además, sujetan la laringe a la parte superior del tórax. Son el esternohioideo, omohioideo y tirohioideo.
- **Músculos constrictores de la faringe:** intervienen en la sujeción de la laringe y la sincronización con el movimiento de hioides. Incluyen al constrictor superior, medio e inferior de la faringe, pudiendo considerarse a los dos primeros como músculos suprahioides.

Músculos intrínsecos

De acuerdo a su acción sobre los repliegues vocales, se distribuyen en tres grupos (Rouvière y Delmas, 2005):

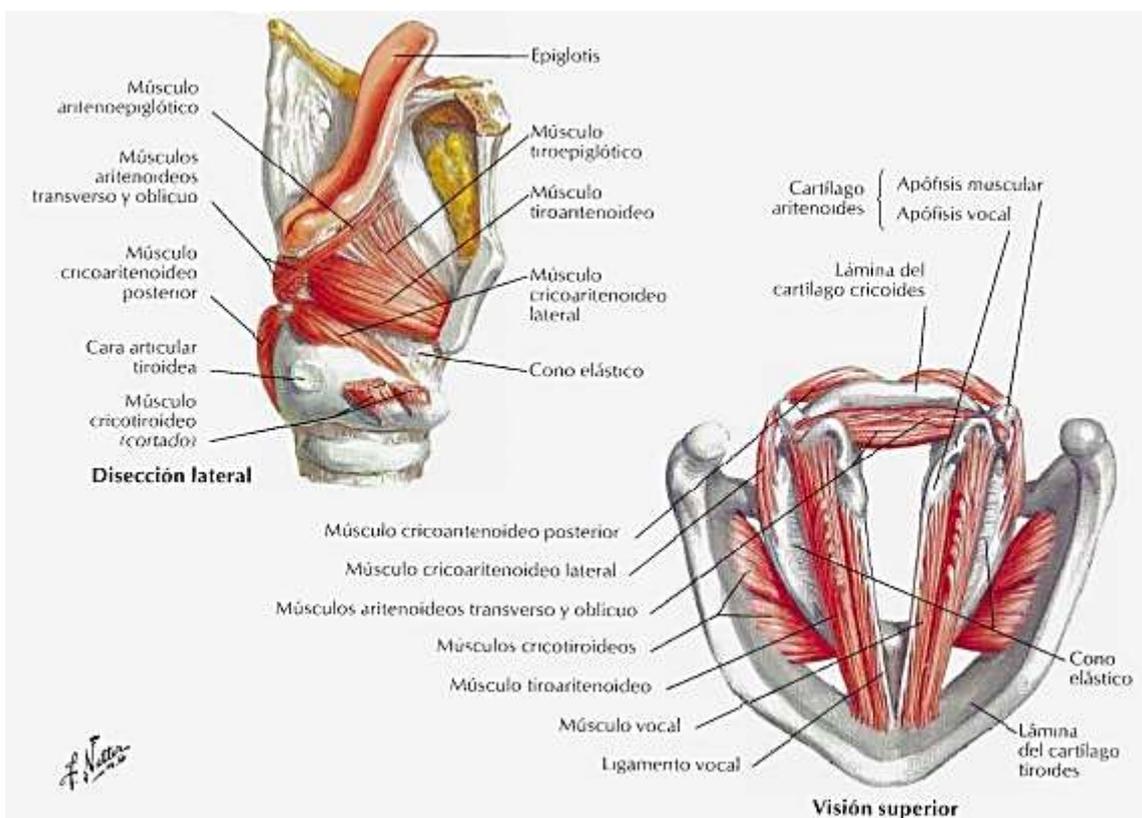


Figura 3.1.8. Músculos intrínsecos laríngeos (Netter, 2007).

- Grupo de los músculos **tensores** de los repliegues vocales, representando a cada lado por el músculo cricotiroideo.
- Grupo de los músculos dilatadores de la glotis, también representado a cada lado por un solo músculo: el cricoaritenoides posterior.
- Grupo de músculos **constrictores** de la glotis: cricoaritenoides laterales, tiroaritenoides inferiores e interaritenoides, siendo todos músculos pares a excepción del último.

Cricotiroideo

Músculo par, que permite la báscula del cartílago tiroides sobre el cartílago cricoides (gracias a la articulación cricotiroidea) modificando la tensión longitudinal de los repliegues, y por ende de la frecuencia de vibración.

Cricoaritenoideo posterior

Músculo dilatador, cuyas inserciones van desde la lámina posterior de cricoides hasta la cara postero-interna de aritenoides (apófisis muscular). Se encarga de rotar los aritenoides abduciendo los repliegues vocales.

Cricoaritenoideo lateral

Músculo constrictor que se inserta en la cara lateral de cricoides y en las apófisis musculares de aritenoides. Actúa de forma antagonista al cricoaritenoideo posterior, aduciendo los repliegues vocales.

Interaritenoideo

Músculo impar, posterior, constrictor, que se inserta en ambas apófisis musculares de aritenoides y se encarga de aducir los repliegues vocales, cerrando la glotis.

Tiroaritenoideo inferior

Músculo constrictor que constituye el cuerpo de los repliegues vocales, consta de 2 fibras:

- *Tiroaritenoideo interno o músculo vocal*: sus fibras corren por los repliegues vocales y se insertan en las apófisis vocales de aritenoides. Cumplen la función de aducción cordal.
- *Tiroaritenoideo externo*: se extiende por la parte baja del ángulo de tiroides hasta los aritenoides, insertándose en sus caras laterales.

Sinergia laríngea

Refiere al accionar de la musculatura intrínseca de la laringe de forma coordinada, a la hora de la emisión vocal.

En la emisión de tonos graves los bordes de los repliegues se acortan y ensanchan. Esto aumenta su masa y superficie de contacto, disminuye la frecuencia de vibración y la resistencia de los repliegues vocales al paso de aire.

El primer músculo que actúa en la emisión vocal es el tiroaritenoideo inferior (constrictor), aproximando los bordes de los repliegues vocales. Posteriormente, actúa el cricoaritenoideo lateral (músculo constrictor), completando el cierre del tercio medio (glotis ligamentosa), y se relaja el cricoaritenoideo posterior (dilatador). Esta acción muscular es suficiente para la emisión de un tono grave.

En tonos medios interviene el interaritenoideo (constrictor), que posee fibras oblicuas y transversas, y al contraerse cierra la porción cartilaginosa de la glotis (porción posterior, glotis respiratoria).

Por último, en la emisión de tonos agudos, actúan los músculos antes mencionados con excepción del tiroaritenoso inferior, que se relaja. El cricotiroideo se activa y a través de la báscula del cartílago tiroideos sobre el cricoides, tensa los pliegues vocales, que se observan finos y largos, aumentando su frecuencia de vibración y su resistencia al paso de aire a causa del aumento de tensión.

La frecuencia fundamental depende entonces, entre otros factores, de la tensión de los repliegues vocales, y los músculos cricotiroideo y tiroaritenoso inferior son antagonistas en el control de la misma (Hirano, 1975). El músculo cricotiroideo actuará aumentando la tensión de los pliegues y aumentando el tono, mientras que el tiroaritenoso inferior, con su accionar disminuye la altura tonal.

Ambos músculos, vocal y cricotiroideo, actúan de manera coordinada, en una nota aguda el cricotiroideo se contrae y tensa los repliegues, y el músculo vocal se relaja permitiendo que éstos sean tensados. En la producción de una nota grave, el tiroaritenoso inferior se contrae y para ello, el cricotiroideo se relaja.

El tono se logra a partir del trabajo muscular de la musculatura intrínseca de la laringe, por lo tanto, el órgano emisor debe conservar su posición libre en el cuello. De no ser así, estarían actuando otros grupos musculares (extrínsecos y perilaríngeos) realizando compensaciones que no favorecen un buen funcionamiento laríngeo.

La laringe, posee un equilibrio muscular muy dependiente de la alineación entre el cuello y la cintura escapular (Perelló 1982). Para evitar las tensiones en los segmentos cérvico-cefálico es precisa una postura que favorezca la participación activa del diafragma y la pared abdominal.

Cabe destacar además, la importancia del **hueso hioides**. Si bien éste no forma parte de la estructura de la laringe, establece relaciones importantes para su biomecánica, por ser lugar de inserción de 14 pares de músculos provenientes de faringe, laringe, lengua, mandíbula, entre otros (Upledger, 2019). Forma parte del complejo hio-gloso-faríngeo generando un complejo indisoluble entre base de la lengua, hioides y laringe, que participa en movimientos de deglución, habla y canto. Por último, la fijez relativa de este hueso es necesaria para la estabilidad y movilidad de la columna cervical, cabeza y mandíbula.

3.1.2.2 REPLIEGUES VOCALES

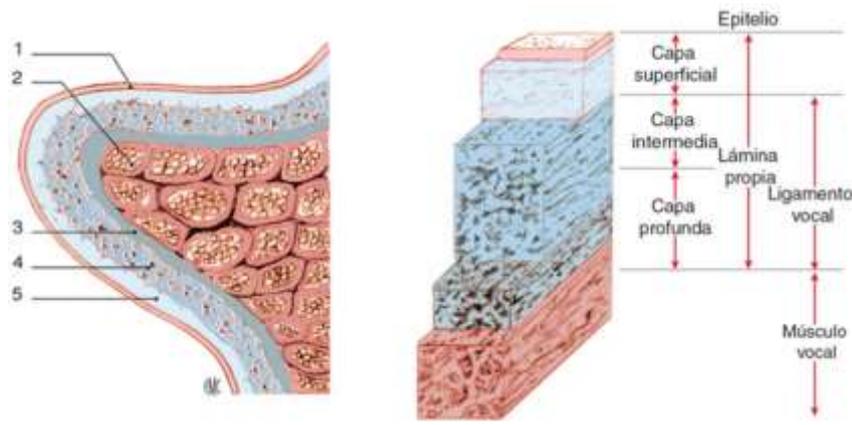
Las dimensiones de los repliegues vocales varían en función de la edad y del sexo, siendo su longitud promedio de 17 mm a 23 mm de largo en hombres y 12,5 mm a 17 mm en mujeres (Calero, 2015).

Histológicamente, se puede analizar la estructura de los repliegues vocales en función de su profundidad (ver Figura 3.1.9):

1) Epitelio: fina capa que envuelve el repliegue vocal, manteniendo su forma y protegiéndola.

2) Tejido conjuntivo: lámina propia que presenta 3 capas:

- Capa superficial de la lámina propia o espacio de Reinke: capa elástica que mide entre 0,3 mm y 0,5 mm. Conformada, junto al epitelio, la mucosa que vibra en la emisión vocal. Sus fibras elásticas dispuestas de forma desorganizada, permiten a la mucosa desplazarse (ondular) y recuperar su posición de partida tras el cese del estímulo.



1- Epitelio. 2- Músculo vocal. 3- Capa profunda de la lámina propia. 4- Capa intermedia de la lámina propia. 5- Capa superficial de la lámina propia o espacio de Reinke.

Figura 3.1.9. Histología de pliegues vocales (Giovanni et al., 2010).

- Capa intermedia de la lámina propia: en los extremos anterior y posterior forma una masa de fibras elásticas, fibroblastos y estroma llamada mácula flava que impide la colisión de la onda mucosa contra el cartílago tiroides (mácula flava anterior) y aritenoides (mácula flava posterior).
- Capa profunda de la lámina propia: es la capa menos flexible. La capa profunda junto a la intermedia forma el ligamento vocal, cuyo espesor es de 1 mm a 2 mm.

3) Cono elástico: fibras elásticas y conectivas que rodean al músculo.

4) Músculo vocal (tiroaritenoso inferior): es la última capa, sus fibras corren paralelas al ligamento vocal, tiene un espesor de 7 mm a 8 mm (Titze, 1994).

3.1.3 SUBSISTEMA DE RESONANCIA

Todas las cavidades situadas por encima de los repliegues vocales actúan como cajas resonanciales del sonido laríngeo. Es allí donde se produce el filtrado del sonido vocal primario generado por la vibración de los repliegues vocales, e implica amplificar o atenuar frecuencias a su paso por las estructuras supraglóticas. Aquellos armónicos de la onda de sonido que coincidan en frecuencia con alguna de las frecuencias formantes (frecuencias propias del tracto vocal) se amplificarán; y los armónicos restantes serán amortiguados.

Las **cavidades supraglóticas** (Figura 3.1.10) incluyen a la laringe (estructuras laríngeas ubicadas por encima de los repliegues vocales), faringe (orofaringe e hipofaringe), la cavidad bucal, cavidad nasal y cavidades accesorias (senos paranasales).

En un adulto, el tracto vocal tiene una longitud aproximada de 17 cm y un área transversal que varía entre 0 y 20 cm² (Cobeta et al., 2013).

De acuerdo a cómo se configure el tracto morfológicamente (posición de articuladores, volumen de los resonadores) y la tensión que presente (referido al grado de tonismo de las paredes de las estructuras que intervienen en la fonación), será la resultante resonancial que se obtendrá. Las modificaciones que se realicen en las estructuras mencionadas, van a alterar las frecuencias formánticas. Estas modificaciones incluyen:

- la posición de punta, cuerpo y dorso de la lengua
- la apertura o cierre de la mandíbula
- la protrusión o retracción de los labios
- la elevación o descenso de la laringe
- la elevación o descenso del velo
- el estrechamiento del tubo epilaríngeo
- el ancho de la faringe

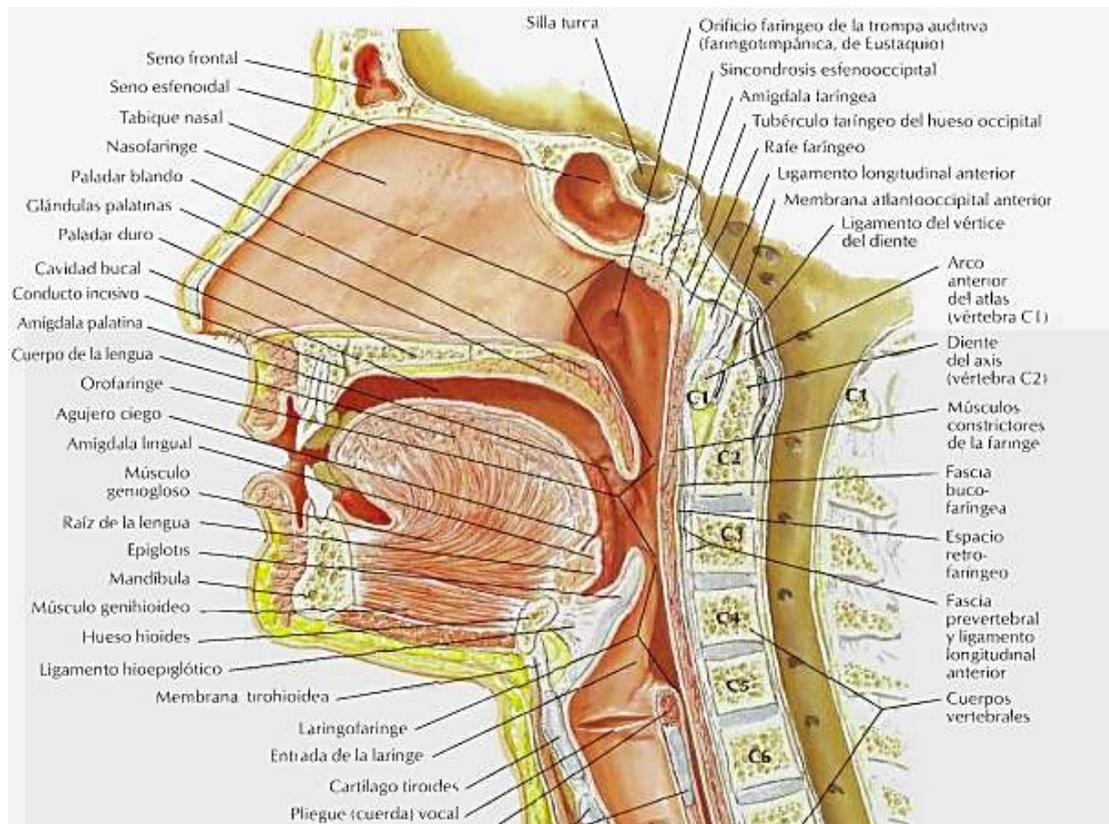


Figura 3.1.10. Cavidades supraglóticas (Netter, 2007).

3.1.3.1 CAVIDAD FARÍNGEA

La faringe es un órgano músculo-membranoso impar y simétrico que se extiende desde la base del cráneo hasta el borde inferior de C6. Se dispone verticalmente por delante de la columna vertebral cervical y por detrás de las fosas nasales, de la cavidad bucal y la laringe, pudiendo diferenciarse tres regiones:

- Rinofaringe: porción superior, comunica con las fosas nasales y es exclusivamente aérea.
- Orofaringe o bucofaringe: porción media donde se da una encrucijada aéreo-digestiva, por regular el pasaje de aire y de alimento.
- Hipofaringe: porción exclusivamente aérea que comunica con la laringe.

Músculos de la faringe

Se pueden dividir en dos grupos musculares: constrictores y elevadores.

Los **músculos constrictores** se encargan de estrechar los diámetros anteroposterior y transversal de la faringe, e incluyen al constrictor superior medio e inferior.

Los **músculos elevadores** son dos de cada lado: estilofaríngeo y palatofaríngeo; se encargan de elevar la faringe permitiendo el descenso del bolo alimenticio.

La faringe es un órgano que interviene tanto en la respiración como en la deglución. Además, la hipofaringe y la orofaringe, configuran el primer resonador de la voz, pudiendo expandirse en longitud y amplitud, dando diferentes resultados tímbricos.

3.1.3.2 CAVIDAD ORAL

Es la parte del tracto vocal implicada, además de con la resonancia, con la articulación de la palabra.

Se sitúa por debajo de la cavidad nasal. En ella se diferencian dos regiones: el vestíbulo bucal y la cavidad oral propiamente dicha (Figura 3.1.11).

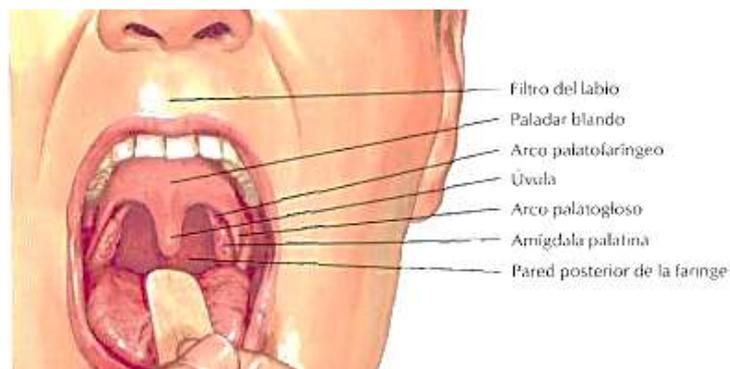


Figura 3.1.11. Cavidad oral (Netter, 2007).

Vestíbulo bucal

Espacio comprendido entre las arcadas gingivodentarias, los labios y las mejillas.

Labios

Sistema muscular esfinteriano recubierto por piel y mucosa. Los músculos de los labios se dividen en dos grupos antagónicos, 11 pares de músculos dilatadores y 2 pares de músculos constrictores del orificio bucal.

Los labios cumplen funciones deglutorias y articulatorias entre otras.

Arcadas gingivodentarias

Se sitúan en el borde superior de la mandíbula y en el borde inferior del maxilar. Se encuentran cubiertas por mucosa, la encía, en su contorno se encuentran los orificios alveolares en los que se implantan los dientes.

Dientes

Son órganos duros y pequeños dispuestos en forma de arco en ambos maxilares. Están constituidos por tres tipos de tejido duro: esmalte, cemento y dentina, y uno blando, la pulpa dentaria. Las piezas dentarias cumplen funciones masticatorias y fono articulatorias entre otras.

Cavidad oral propiamente dicha

Es un continente limitado por 6 paredes (Figura 3.1.12):

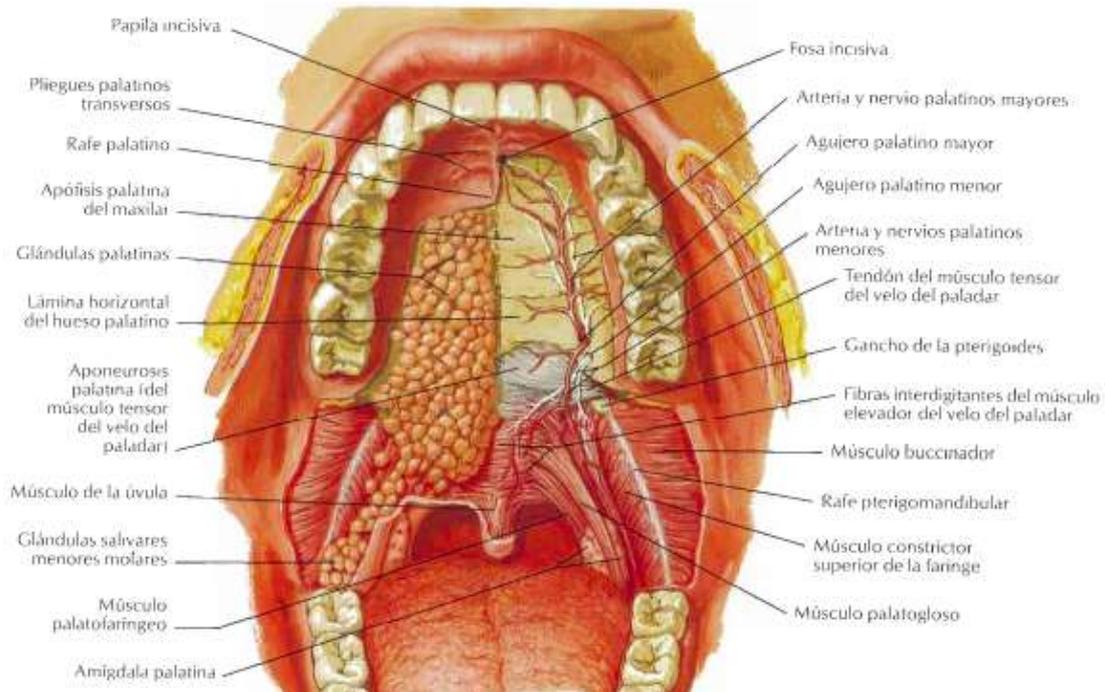


Figura 3.1.12. Vista anterior de cavidad oral (Netter, 2007).

Límite superior

La pared superior o techo de la boca se relaciona superiormente con la cavidad nasal y los senos maxilares. En ella se encuentra el paladar **duro** que está formado por la apófisis palatina del hueso maxilar y la lámina horizontal del hueso palatino unidas en una sutura en forma de cruz. En la línea media se forma un rafe, en el que no existe submucosa. En su región anterior, detrás de los incisivos superiores, se observan unos pliegues transversales de núcleo conjuntivo denso denominados rugas palatinas. En esta zona se encuentra el “**Punto de Mauran**” o **punto de máxima concentración sonora (PMCS)**. Está ubicado por detrás de los incisivos superiores (sobre el paladar duro) y en el canto lírico es una zona donde, independientemente de la vocal emitida y la frecuencia de emisión, se percibe una concentración de las sensaciones de vibración.

Límite inferior

La pared inferior o suelo de la boca es móvil y contiene numerosos músculos.

Está formada por un esqueleto óseo que corresponde al cuerpo mandibular, los dientes inferiores y el hueso hioides. En el arco del cuerpo mandibular se encuentra la región sublingual.

En la cavidad oral se aloja la **lengua**, órgano muscular móvil que puede adoptar distintas formas y posiciones, determinando configuraciones resonanciales específicas; modificando la forma y ubicación de la lengua, se determina un cambio de filtro del habla que repercutirá en la cualidad vocal. Interviene, además, en la masticación, la deglución, participa en la respiración y el desarrollo de los maxilares, y es el articulador del habla por excelencia.

En la lengua se diferencian cinco partes: la raíz o tercio posterior, el cuerpo, el vértice o ápice lingual, el dorso y la cara inferior. Está formada por músculos extrínsecos e intrínsecos que se entrecruzan en la parte libre.

Límite anterior

Está delimitada por las arcadas dentarias, que se abren hacia el vestíbulo.

Límite posterior

Corresponde al istmo de las fauces que se abre o cierra mediante el movimiento coordinado del paladar blando, los pilares anteriores y la lengua. De esta manera controlan la comunicación entre la cavidad bucal y la orofaringe.

El **paladar blando** o velo del paladar es un tabique músculo-membranoso móvil que prolonga hacia abajo y atrás del paladar duro. Su tercio anterior está formado por una lámina fibrosa, la aponeurosis palatina, y los dos tercios posteriores son musculares. Cuenta con 5 pares de músculos que son tensores y elevadores del velo palatino.

El borde posterior, libre, está situado en la faringe. En su parte media se encuentra la úvula y, a ambos lados de la misma, se hallan dos pliegues curvos denominados pilares anterior y posterior del velo del paladar que corresponden a los arcos del músculo palatogloso y palatofaríngeo respectivamente.

Los músculos del velo del paladar cumplen funciones deglutorias, respiratorias además de intervenir en la resonancia de la voz. Para producir sonidos orales, el velo se adhiere a la pared faríngea, evitando el ascenso de aire a la cavidad nasal. Por el contrario, en sonidos nasales, el velo desciende, permitiendo el paso de aire a la cavidad nasal y, por ende, su resonancia en ésta.

Límites laterales

Las paredes laterales corresponden a las mejillas, paredes móviles que desempeñan funciones en la articulación y resonancia entre otras.

3.1.3.3 CAVIDAD NASAL

La resonancia de la cavidad nasal le puede otorgar a la voz del cantante un timbre más brillante, más “puntiagudo” que el de la resonancia inferior (Hewitt, 1986).

“La resonancia nasal en el canto puede ser utilizada con fines estéticos y de proyección, siendo para algunos un sonido completamente nasalizado o para otros la posibilidad de generar efectos de resonancia y amplificación según sea el género que se cante. Estos son claramente diferenciados ya que un sonido completamente nasalizado en una voz femenina resulta poco estético debido a que adiciona un componente de sobreexposición en los sonidos agudos ya existentes, mientras que

en el género masculino puede producir refuerzo de sonidos agudos que apenas son audibles, ganando de esta manera brillo y proyección aunque pueda sonar totalmente nasalizado.” (Moreno, A., 2018).

La cavidad nasal está delimitada anteriormente por las narinas y posteriormente por las coanas, donde se establece la comunicación con la orofaringe (Figura 3.1.13). En las paredes laterales se encuentran los cornetes, que son tres prominencias óseas de hueso esponjoso recubiertas por mucosa nasal, encargados de filtrar, humedecer y calentar el aire. Debajo de cada cornete, se encuentran los meatos, vías de comunicación de la nariz con los senos paranasales.

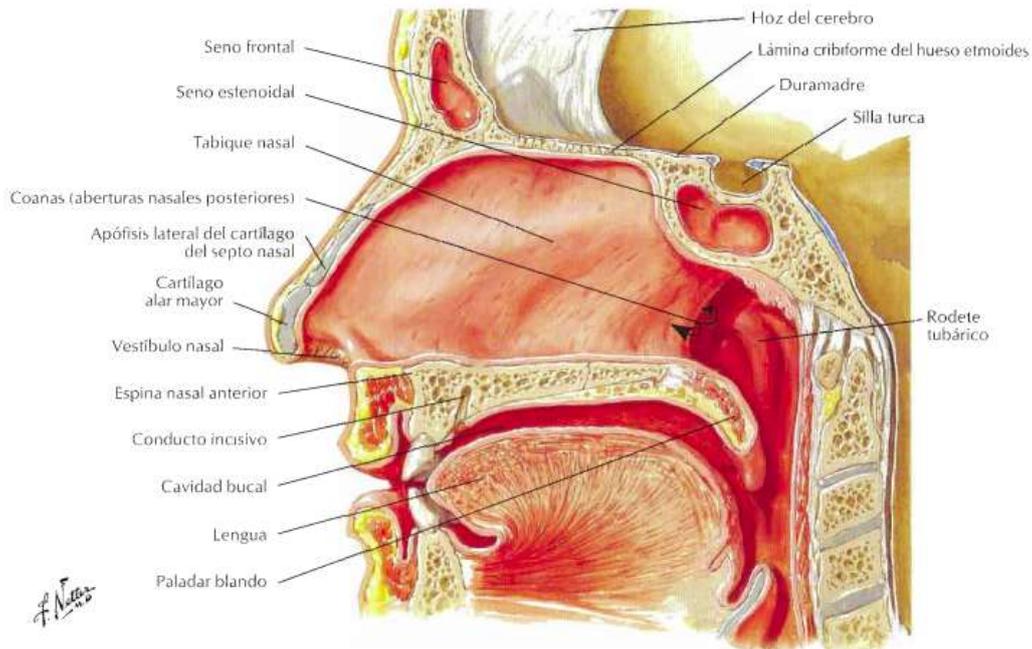


Figura 3.1.13. Corte sagital de cavidad nasal y oral (Netter, 2007).

Los **senos paranasales** son cavidades neumáticas delimitadas por los huesos de la cara y del cráneo. Se trata de cavidades ocupadas por aire y recubiertas de mucosa, que se sitúan alrededor de las cavidades nasales (Figura 3.1.14).

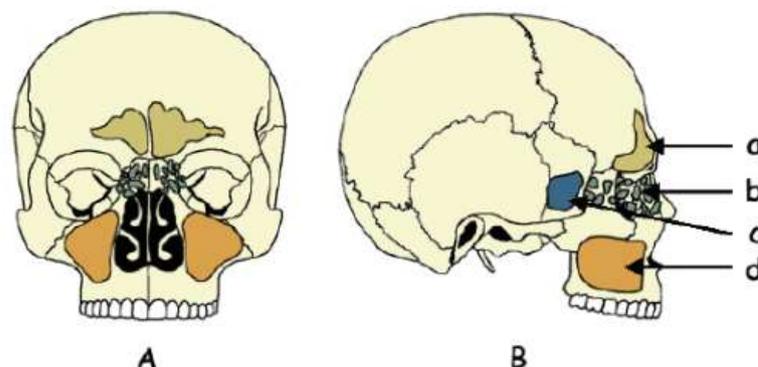


Figura 3.1.14. Senos paranasales. A: visión anterior, B: visión lateral. a: seno frontal, b: celdas etmoidales, c: seno etmoidal, d: seno maxilar. (Torres B., 2013)

Estas son:

- senos maxilares

- senos frontales
- senos esfenoidales
- senos o celdas etmoidales

Los senos paranasales se encargan de aligerar el peso de la cabeza, calentar y humedecer el aire inspirado, secretar moco, y cumplen una función accesoria en la resonancia. Influyen de esta manera en la respiración, olfacción y fonación. Si bien los senos paranasales son “falsos resonadores”, “resonadores por simpatía” o cavidades accesorias, representan para los cantantes lugares donde la propiocepción del sonido se hace presente. Dependiendo de la técnica que utilice el cantante, dicha propiocepción, se percibirá en mayor o menor grado.

Cuando el proceso de conversión de energía en la laringe es eficiente, las vibraciones son distribuidas hacia la cabeza, la cara, el cuello y el tórax y se habla de una máxima transferencia de energía desde glotis hasta labios. Cuando el proceso de conversión de energía en la laringe es pobre, las vibraciones permanecen en ese lugar y una pequeña o nula propagación hacia los tejidos mencionados. Esto explica que fisiológicamente uno de los aspectos en el fenómeno de “*colocación de la voz*”, es la correcta conversión de energía de aerodinámica a acústica a nivel de repliegues vocales (Guzmán, 2009). Dicho de otra forma, las sensaciones vibratorias en la cara, son indicadores de una efectiva conversión de energía aerodinámica a energía acústica (Titze, 2001).

En su conjunto, la nariz cumple diferentes funciones que, de acuerdo a Susanibar (2016), son:

- Función de conducción del flujo aéreo

El aire ingresa por las narinas con un flujo laminar, las glándulas y vellosidades filtran las partículas cuyos diámetros son mayores a 15 mm. Al llegar a los cornetes, el flujo del aire adquiere características turbulentas, ya que al pasar golpea los relieves obstructivos del conducto y se genera esta turbulencia aerodinámica. Esto genera que el aire sea nuevamente filtrado, desbacterizado, humidificado y calentado. Es aquí que se da el segundo filtro, donde las partículas entre 0,5 y 3 mm de diámetro, son filtradas y depositadas en la mucosa nasal, por impacto o atracción electrostática para ser posteriormente expulsadas por la nasofaringe a través del sistema mucociliar y luego ser deglutidas y eliminadas.

Este mecanismo de filtración permite eliminar el 85 % de las partículas en la cavidad nasal. Aquellas partículas con tamaño menor a 0,5 mm de diámetro, es decir el 15 % restante, pasan a la vía respiratoria inferior.

- Actividad antimicrobiana

Esta función es desempeñada por proteínas secretadas por la mucosa nasal para defender al tracto de bacterias.

- Humidificación

La humidificación del aire es efectuada por los dos tercios inferiores de las fosas nasales, mucosa especializada para humedecer, calentar o enfriar el aire, a nivel de los cornetes. El tercio superior tiene receptores nerviosos encargados de la función olfativa.

El gesto respiratorio nasal, permite el crecimiento y desarrollo equilibrado de la región orofacial, fundamentalmente del tercio medio e inferior de la cara. Además, promueve el equilibrio de las presiones intraorales ejercidas sobre la mandíbula, maxilar, dientes, gracias a la oclusión de la cavidad oral mediante el cierre de labios. De esta forma la lengua ejerce su función expansora y modeladora sobre las estructuras mencionadas.

3.1.4 TEORÍA FUENTE-FILTRO

La fonación se produce por la respuesta de un sistema de filtros del tracto vocal a una fuente de sonido. Las cavidades supraglóticas modifican la amplitud de los armónicos de la fuente por efecto de la resonancia. Este efecto es equivalente al de un filtro que permite el paso de determinados elementos, a la vez que obstruye el de otros.

El filtrado del tracto vocal consiste en la modificación de la *composición espectral* inicial del sonido emitido. Algunas bandas frecuenciales del espectro generado en los repliegues vocales son enfatizadas dando lugar a los *formantes*.

En relación a la fuente, Fant (1960) considera distintos tipos:

- Ausencia de fuente.
- Fuente periódica: es la fuente glotal; hay vibración de los repliegues vocales. Es el caso de las vocales y semivocales.
- Fuente periódica y fuente “de ruido” (fuente aperiódica): hay vibración de los repliegues vocales combinados con la presencia de una fuente de ruido. Los sonidos consonánticos sonoros tales como /d/, /y/ y /l/ son ejemplos de este tipo de fuente.
- Fuente de ruido: se designa de este modo a una fuente sonora aperiódica. No hay vibración de los repliegues vocales. Comprende los sonidos fricativos y oclusivos sordos. Los sonidos fricativos son producto de la fricción generada por la corriente de aire a través de una constricción del tracto vocal. Los sonidos oclusivos se generan por la “explosión” o expulsión instantánea de un caudal de aire retenido por un cierre del tracto vocal.

El filtro modifica las características de la fuente actuando como un moldeo del tracto vocal. Los filtros pueden ser oral o nasal; fijo o variable.

De acuerdo a la **Teoría fuente-filtro no lineal**, el tracto vocal, además de servir como un filtro del sonido producido en la fuente, actúa también como un modificador de los patrones vibratorios de los pliegues vocales a través de la modificación de la impedancia acústica del mismo. Existe una bio-retroalimentación entre el tracto vocal y la fuente (los pliegues vocales), y de esta manera una interacción fuente-filtro (Farías, 2016).

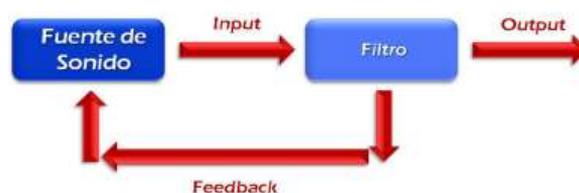


Figura 3.1.15. Fuente-filtro no lineal (Guzmán, 2010).

Husson (1965) señala que existen dos configuraciones del tracto vocal en relación a su impedancia acústica: tracto con forma de megáfono (baja impedancia) y tracto vocal con forma de **megáfono invertido** (alta impedancia), siendo el segundo el que favorece la interacción fuente-filtro (Figura 3.1.16).

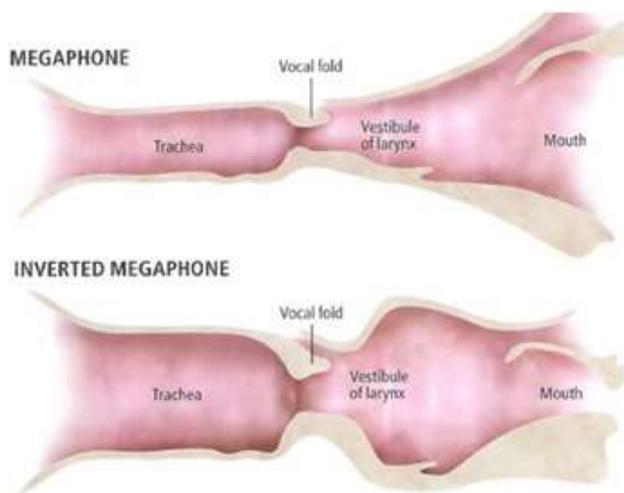


Figura 3.1.16. Megáfono: tracto con baja impedancia, megáfono invertido: tracto con alta impedancia (Guzmán, 2020)

Tabla 3.1.1. Clasificación acústica de los sonidos del habla en función de la fuente y el filtro. Adaptado de Landercy, A. y Renard, R. (1977)

Fuente	Filtro	Clases de sonidos
Periódica	Fijo, oral	<i>vocales orales</i>
Periódica	Fijo, oral + nasal	<i>vocales nasales</i>
Periódica	Variable, oral	<i>diptongos</i>
Aperiódica continua	Fijo, oral	<i>fricativas sordas</i>
Aperiódica impulsional	Variable, oral	<i>oclusivas sordas orales</i>
Aperiódica continua + periódica	Fijo, oral	<i>fricativas sonoras</i>
Aperiódica impulsional + periódica	Variable, oral	<i>oclusivas sonoras orales</i>
Aperiódica impulsional + periódica	Variable, oral + nasal	<i>oclusivas sonoras nasales</i>
Aperiódica continua + periódica	Variable, oral	<i>semivocales laterales y róticas</i>

La impedancia en el tracto vocal influencia las características de amplitud y contenido armónico del sonido. El tracto vocal sufre una serie de modificaciones necesarias para instalar una resonancia que sea acorde con una calidad tímbrica y, en el caso del canto lírico, que siga las leyes del sonido requerido. En esa caja acústica que representa el tracto vocal, por donde pasarán todos los sonidos,

los músculos laríngeos extrínsecos y los músculos faríngeos se ponen en función para alargarlo y acortarlo, estrecharlo y ensancharlo.

A mayor impedancia reflejada (proyectada), los repliegues vocales varían la forma de sus acoplamientos glóticos, generando contactos más espesos y menos firmes (disminuye el estrés de impacto), lo que resulta en voces más potentes y plenas, economizando la energía y actuando como un mecanismo de protección de los repliegues vocales. Es decir, mejora la interacción acústica-aerodinámica y la interacción mecánico-acústica.

Titze afirma que las configuraciones del tracto que generan una óptima impedancia proyectada son el bostezo-suspiro (con laringe descendida y largo tubo epilaríngeo) y la cualidad twang (con pequeña glotis y pequeña epilaríngeo).

La impedancia del tracto es controlada por la posición que adoptan los órganos fonoarticulatorios, pudiendo realizarse cuatro tipos de modificaciones: constricciones, ensanchamientos, alargamientos y acortamientos del tracto vocal a partir de variaciones en la posición y forma que adopten la mandíbula y la lengua principalmente. Bajando la mandíbula se reduce el conducto en el área de la glotis y de consecuencia la frecuencia del primer formante va a aumentar a medida que se abre la mandíbula. Por otro lado, la forma que presenta el cuerpo de la lengua va a incidir sobre el segundo formante; la posición de la punta de la lengua en cambio alterará la frecuencia del tercer formante.

De estas modificaciones surgen, en el canto lírico, los fenómenos de *sintonización* y del *formante del cantante*. El incremento de la impedancia en el tracto vocal favorece la producción de una frecuencia fundamental cerca de F1, promoviendo la eficiencia y economía vocal así como la riqueza armónica. Lo mismo ocurre con la cobertura, posición de bostezo con descenso y distensión de la laringe y ensanchamiento de la faringe, que hace alargar el tracto vocal para enriquecer el timbre. Es la posición llamada “de megáfono invertido”, lo opuesto al tracto vocal corto que da frecuencias de formantes más agudas.

Esta cobertura hace economizar el esfuerzo muscular, el uso de la energía es más eficiente y la voz del cantante presentará mayor resonancia y audibilidad, por ejemplo ante la presencia de un fuerte acompañamiento orquestal. La impedancia crece a medida que el timbre se va oscureciendo. Crece también la intensidad cuando se emiten sonidos con estas características de voz impostada. En conclusión, la impedancia está relacionada con la configuración de las cavidades buco-faríngeo-nasales.

La posición y la forma de los articuladores (lengua, mandíbula) incidirán en la voz y en la frecuencia de los formantes. Temperán anunció:

“...la fatiga tiene que ver no tanto con el hecho de cantar a plena voz sino con el déficit impedancial”.

Al configurar el tracto en forma de megáfono invertido, mejora la interacción fuente-filtro, impactando positivamente en el patrón vibratorio y de cierre de los repliegues vocales. Además, impacta en el patrón respiratorio, promoviendo una presión subglótica adecuada que lleva a una aducción correcta (sin impacto cordal), lo que favorece la transformación de energía aerodinámica en acústica.

Este correcto grado de aducción de los repliegues y la adecuada presión subglótica van a repercutir en la colocación de la voz, la economía vocal y el aumento del brillo de la voz.

Tubo epilaríngeo (o vestíbulo laríngeo)

Titze (2008) afirma que una constricción anteroposterior del tubo epilaríngeo modifica acústicamente el acoplamiento fuente-filtro, mejorando la interacción de los mismos.

En el canto lírico, el estrechamiento anteroposterior del tubo epilaríngeo crea una nueva cámara de resonancia en el tracto vocal, ya que su área se vuelve menor que la de la faringe y se genera una máxima transferencia de energía desde la glotis hasta los labios que favorece y optimiza la producción vocal.



Para ello, la relación entre el área del tubo epilaríngeo y de la faringe, debe ser de 1 a 6. De esta forma el tubo actúa como un resonador aislado, que promueve la amplificación de una frecuencia específica en torno a los 2500 Hz – 3500 Hz, denominada por Sundberg (1987) como “*formante del cantante*”. Éste es el resultado del cluster generado entre el tercer, cuarto y quinto formante, entendiéndose por “cluster” al grupo o agrupación de formantes, que se unen en energía para formar este formante del cantante que genera una mayor sonoridad en la voz.

Si bien el oído humano es capaz de distinguir un rango frecuencial entre 20 Hz y 20.000 Hz, las características morfológicas del conducto auditivo externo le confieren una resonancia propia alrededor de los 3.000 Hz, por lo que, cuando la calidad vocal del cantante posee mucha energía sonora en las frecuencias cercanas a los 3.000 Hz, el conducto auditivo resuena y añade energía, generando la percepción de que el sonido vocal es más intenso.

Además, las voces de los cantantes líricos destacan por encima del sonido de una orquesta ya que la mayoría de los instrumentos no generan una concentración de energía demasiado intensa en estas frecuencias.

En la Figura 3.1.19 se observa cómo la distribución de niveles de energía del habla y de la orquesta son muy similares en todas las frecuencias, en tanto en la voz cantada se produce un pico que sobresale de la orquesta entre las frecuencias 2.000 Hz y 3.000 Hz. Este corresponde al antes mencionado formante del cantante.

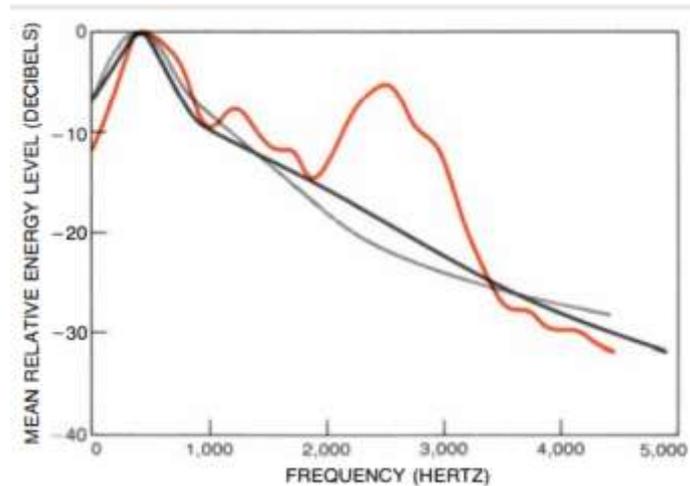


Figura 3.1.19. Niveles relativos de energía acústica según frecuencia: línea negra, distribución promedio de energía del sonido de la orquesta; línea roja: voz cantada del tenor Jussi Björling con una orquesta; línea gris: habla promedio. Sundberg (1977)

Takemoto (2006) afirma que en el canto clásico la constricción del tubo epilaríngeo le da una independencia a la configuración de las diferentes vocales (articulación del tracto vocal superior), pudiendo mantener un timbre homogéneo en las vocales gracias al control y estrechamiento del tubo epilaríngeo.

De acuerdo a la estrategia que utilice el cantante, el formante del cantante se puede conseguir entonces, a través de dos mecanismos:

- Mediante el descenso laríngeo (Sundberg, 1987), generando una dilatación de la faringe inferior y de los ventrículos de Morgagni (divertículos entre pliegues vocales y bandas ventriculares)
- A través del estrechamiento del tubo epilaríngeo (Titze, 2001), como se describió anteriormente. Cabe destacar que este estrechamiento anteroposterior, es independiente a la constricción supraglótica medial, por lo que no implica un avance de las bandas ventriculares, sino que por el contrario, estas se retraen y aplanan (Murtró Ayats, 2009).

3.2 TEORÍAS DE LA FONACIÓN

3.2.1 ALGUNAS TEORÍAS DE LA FONACIÓN

A lo largo del tiempo ha habido distintas teorías que han abordado el cómo se produce el sonido. Algunas han tenido mayor acogida que otras. En esta sección no se presentan, por ejemplo, las teorías neuro-oscilatoria ni oscilo-impedancial, dado que no están entre las que tienen mayor aceptación.

3.2.2 TEORÍA NEUROCRONÁXICA (HUSSON, 1950).

Según la teoría de Husson (1950), los repliegues vocales vibrarían debido a contracciones rítmicas de la porción vocal de los músculos tiroaritenoides. Estas contracciones obedecen a impulsos nerviosos centrales a través del nervio recurrente. La frecuencia de estos impulsos motores condiciona la frecuencia de vibración de los pliegues vocales y, por tanto, la altura del sonido emitido. De este modo, el mecanismo regulador de la altura de los sonidos (frecuencia de impulsos recurrenciales) sería independiente del mecanismo que regula la intensidad de los sonidos (presión infraglótica).

La teoría se rechazó por los siguientes motivos:

- el músculo tiroaritenosoideo no tiene función abductora
- la voz presenta frecuencias fundamentales superiores a la tasa de impulsos que los nervios recurrentes son capaces de transmitir
- las cuerdas vocales de una laringe cadavérica son capaces de producir voz al aplicarles flujo aéreo subglótico
- los repliegues vocales paralizados, de manera unilateral o bilateral, son capaces de producir sonido vocal.
- Esta teoría no contempla la función de la mucosa vocal.

3.2.3 TEORÍA MIOELÁSTICA

Esta teoría desarrollada por Ewald (1898) se caracteriza por dos conceptos fundamentales:

- La vibración de los repliegues vocales se considera pasiva.
- Las características del sonido emitido dependen exclusivamente de la presión infraglótica y de la tensión de los pliegues vocales.

Esta teoría explica que el incremento de presión subglótica genera la separación de los pliegues vocales de forma breve, permitiendo un escape de aire que disminuye la presión subglótica. Al disminuir, los repliegues se vuelven a acercar, incrementando nuevamente la presión, dando comienzo a un nuevo ciclo, manteniendo la corriente aérea. En este mecanismo, el sistema nervioso central tiene como principal función la de mantener una tensión suficiente en las cuerdas.

Esta teoría no fue aceptada por diferentes motivos:

- no toma en cuenta la variación de masa de los pliegues vocales: no explica cómo se puede variar la intensidad de un sonido sin modificar al mismo tiempo su altura.
- no toma en cuenta la cantidad de energía necesaria para la producción de un sonido: la ventilación pulmonar no es suficiente para proporcionar la energía sonora que se produce.

3.2.4 TEORÍA MIOELÁSTICA AERODINÁMICA

Se trata de una serie de modificaciones hechas a la teoría mioelástica original, que se han ido publicando progresivamente y que significaron importantes aportes. Varios autores han contribuido a mejorar esta teoría, entre ellos Van den Berg, Smith, Lafon, Perelló, Vallencien, Hirano, Wyke.

Esta teoría propone dos principios básicos:

- la F_0 viene determinada por: la masa de los repliegues, su viscoelasticidad y la presión subglótica.
- los pliegues vocales vibran por una serie de fuerzas explicadas por el principio de Bernoulli.

El ciclo vibratorio se explicaría de la siguiente forma: los pliegues vocales se aducen, la presión subglótica vence la resistencia que éstos ofrecen a su paso y los separa. Se produce otra fuerza de aproximación de las mismas por la elasticidad cordal (fuerza mioelástica) y por un efecto de succión al disminuir la presión infraglótica (efecto Bernoulli). La sucesión de ambos fenómenos establece la vibración de los repliegues vocales.

Esta teoría no explica satisfactoriamente algunos aspectos como, por ejemplo cómo se mantiene la vibración una vez iniciada.

3.2.5 TEORÍA MUCO-ONDULATORIA

Perelló (1962), partiendo de la base de la teoría neurocronáxica, realizó una serie de apreciaciones de la fisiología fonatoria a las que, según él, no se ajustaba la teoría neurocronáxica.

Según esta teoría, no se produce una vibración propiamente dicha de los pliegues vocales, sino un movimiento ondulatorio, de abajo hacia arriba de la mucosa y de las partes blandas y laxas que los recubren, provocado por la corriente aérea respiratoria; es decir, lo que ocurre es más bien una transformación en energía cinética que en energía potencial o de deformación. La fonación se inicia con un movimiento de la mucosa hacia la línea media, producto de la subpresión (efecto Venturi). Las ondulaciones de la mucosa producen contactos en los bordes de los repliegues vocales cuando éstos se mueven hacia arriba. Estos contactos interrumpen la corriente de aire generando modificaciones de presión que se traducen en sonido glótico (Morera y Algarra, 2006).

Actualmente, para explicar el ciclo vibratorio, la teoría más aceptada es la **Teoría Aerodinámica Mioelástica** de Van den Berg (1958) **con aportes de la teoría Muco-ondulatoria** de Perelló (1962):

El ciclo vibratorio comienza cuando los repliegues se aducen gracias a la acción de la musculatura intrínseca (posición inicial prefonatoria). A continuación, el flujo de aire genera aumento en la presión subglótica. Cuando ésta se equilibra con el grado de tensión de los repliegues vocales, la presión de aire vence la resistencia de los repliegues y se genera una ondulación periódica de la mucosa en dirección de abajo hacia arriba y de adentro hacia afuera. El nivel de presión que se precisa para romper la resistencia de los repliegues se conoce como *umbral de presión fonatoria* (UPF). Una vez vencida la resistencia, el flujo de aire atraviesa la región glótica, disminuyendo la presión de aire subglótico, aumentando la translótica y supraglótica.

Tras alcanzar su máxima separación, los repliegues vocales vuelven a la línea media por el descenso de la presión subglótica, por la acción del efecto Bernoulli (se crea una presión negativa que acerca los repliegues a la línea media) y por la elasticidad de los repliegues, que permite que recuperen su posición de reposo. Esta aducción genera un incremento progresivo de la presión subglótica, dando lugar a al comienzo de un nuevo ciclo vibratorio. Esta secuencia se reitera rápidamente. El número de veces que se repite en un segundo corresponde a la frecuencia fundamental, tono o F0 de la voz y va

a estar determinado por la masa¹, viscosidad², elasticidad³ de los repliegues vocales y el nivel de presión subglótica.

Hirano (1975) también realizó aportes de interés:

- El músculo cricotiroideo tiende a alargar los pliegues vocales cuando está activo, haciendo que se aproximen a la línea media. Con esta acción, la lámina propia del borde libre de los pliegues se vuelve más fino, y la cubierta y el cuerpo se vuelven más rígidos. Esto genera un cambio en el patrón ondulatorio del ciclo vocal.
- El músculo interaritennoideo no modifica ni el cuerpo ni la cobertura de los pliegues vocales, por lo que no modifica el patrón ondulatorio.
- El cricoaritennoideo posterior se encarga de separar, alargar y elevar los repliegues, con su acción se produce un adelgazamiento del borde libre.

4 FONÉTICA

4.1 ALGUNAS DEFINICIONES

De acuerdo a Hjelmslev (1943), el habla puede analizarse en dos niveles: plano de expresión y plano del contenido, los cuales a su vez se dividen en forma y sustancia. En el **plano de expresión**, la **fonética** estudia las **unidades de sustancia** del plano de expresión (sonidos del lenguaje articulado), llamados **fonos**, en tanto la **fonología** estudia la **forma** del plano de expresión (la agrupación de los fonos en clases más abstractas) llamadas **fonemas**.

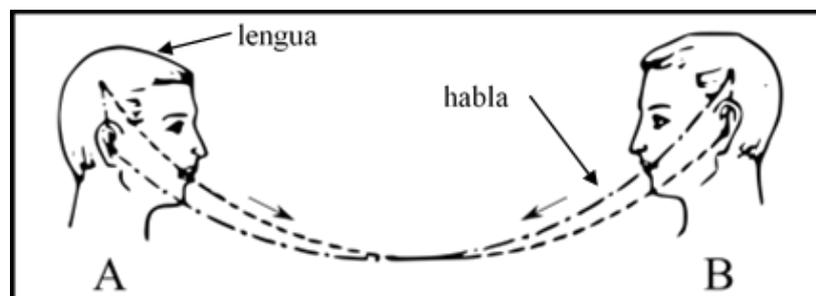


Figura 4.1.1. Lengua y Habla (Tomado de Romito, 2017).

Saussure fue el primero en distinguir la *lengua* y el *habla*, como elementos del lenguaje. La **lengua** se refiere al **hecho lingüístico abstracto, mental**, la imagen acústica del sonido, las reglas de la formación de las palabras y el inventario de las unidades abstractas estudiadas teóricamente con pruebas de conmutación o pruebas de distribución (**fonemas**). El **habla** se refiere a todo lo **acústico**, referido

¹ Masa: propiedad biomecánica de los repliegues vocales que refiere a la cantidad de material en movimiento. Es inversamente proporcional a la frecuencia fundamental.

² Viscosidad: propiedad biomecánica de los repliegues vocales que refiere a la velocidad con la que el tejido se deforma bajo estrés mecánico. Es proporcional la tensión e inversamente proporcional a la concentración de masa.

³ Elasticidad: propiedad biomecánica de los repliegues vocales que refiere a la capacidad del tejido para volver a su posición de reposo tras ser sometido a estrés mecánico.

concretamente al mensaje producido y en lo que hay un **hecho motor articulatorio**, y en él se encuentran los datos recogidos experimentalmente durante la práctica (**fonos**).

Se puede, entonces definir la **fonética** como la **rama de la lingüística que estudia la producción de los sonidos de una lengua, incluyendo la naturaleza física y percepción de los mismos**. Es decir, analiza cada uno de los sonidos del lenguaje humano; cómo se producen, por qué y cómo cambian en algunas circunstancias específicas; además identifica todos los aspectos que son necesarios en cada lengua para que un sonido sea perfectamente comprendido. **La fonética estudia solamente los sonidos humanos que forman parte de las lenguas**. Estos sonidos, si bien están distribuidos de forma muy diferente, **existen en todas las lenguas** del mundo y son las **vocales y las consonantes**.

Las principales ramas de la **fonética** son: fonética articulatoria, fonética acústica. Y fonética auditiva o perceptiva.

Fonética Articulatoria: Estudia todas las modalidades de la “producción” fónica, es decir, *los sonidos de las lenguas* desde el punto de vista *fisiológico*; la posición en la que se encuentran los órganos y cómo esas posiciones determinan la variación de los caminos que sigue el aire cuando sale por la boca, nariz o garganta, produciendo distintos sonidos.

La *fonética articulatoria*, se basa sobre todo en disciplinas biomédicas como la anatomía, la fisiología, la foniatría, la neurología y la otorrinolaringología. La atención está puesta en el **emisor** y en la **codificación del mensaje**.

Fonética Acústica: Es la que estudia el sistema (virtual) de fonación como *sistema de emisión y reproducción de sonidos*. Es decir, estudia y analiza las características físicas de las ondas sonoras emitidas. Se basa especialmente en disciplinas físico-acústicas, electrónicas, electrotécnicas e informáticas. La atención está puesta en el **canal** y en la **transmisión del mensaje**.

Fonética auditiva o perceptiva: Se ocupa de la fisiología de los órganos propios de la escucha, su funcionamiento mecánico, la respuesta sensorial y la transmisión de la señal sonora desde el órgano receptor (aparato auditivo) al sistema nervioso.

La fonética perceptiva se ocupa del sonido con valor lingüístico, de cómo un sonido percibido mecánicamente y transmitido al cerebro se identifica, se distingue, se categoriza en clases de sonidos de una determinada lengua hablada. La fonética perceptiva, junto a la psicoacústica, se ocupan de cómo el cerebro, a partir de sonidos, logra interpretar significados, formular hipótesis, reconstruir señales incompletas y hacer inferencias léxico-semánticas.

4.2 FONÉTICA ARTICULATORIA

4.2.1 ARTICULACIÓN DE LOS SONIDOS

La articulación de los sonidos está determinada por la posición que adoptan determinados órganos ubicados en la cavidad oral. De acuerdo a su movilidad, estos órganos articulatorios pueden clasificarse en órganos móviles o fijos. Los órganos móviles también son conocidos como “articulatorios” propiamente dichos y son los labios, la mandíbula, la lengua, el velo del paladar y los pliegues vocales. Los órganos fijos son las piezas dentarias, los alvéolos y el paladar duro.

Para que se produzca un sonido, es necesario que entren en contacto dos órganos articulatorios o un órgano fijo y uno articulatorio o móvil.

La articulación de la palabra refiere a los movimientos realizados por las estructuras estomatognáticas para lograr el modo y el punto articulatorio de los fonemas.

La posición de los órganos articulatorios, le da valor lingüístico al sonido, diferenciándolo de todos los demás. Las estructuras móviles (paladar blando, lengua, labios y mandíbula) pueden interrumpir el pasaje del aire hacia el exterior causando modificaciones en la continuidad de la columna de aire, provocando una variación acústica, que es lo que va a permitir que el oyente perciba los distintos sonidos.

Los sonidos del habla pueden dividirse en dos grupos: **vocálicos y consonánticos**.

Las *vocales* son sonidos que se producen con una configuración relativamente abierta del tracto vocal, no hay obstrucción articulatoria al paso de aire sonorizado. La fuente de excitación es siempre glótica, es decir, siempre hay vibración de los repliegues vocales. Las *consonantes* se originan por el cierre o estrechamiento del tracto vocal, por acercamiento o contacto de los órganos articulatorios de tal manera que causan una obstrucción al paso del aire y una turbulencia audible. No necesariamente hay movimiento de los pliegues vocales.

La mecánica del habla requiere cambios continuos de curvas de resonancia y de las fuentes sonoras acopladas a ellas para producir los diferentes fonemas. Cada gesto articulatorio prepara a las cavidades supraglóticas con este fin (Farías, 2016). Se entiende por “gesto articulatorio” a la representación abstracta del movimiento o conjunto de movimientos articulatorios necesarios para producir un sonido.

4.2.1.1 SONIDOS CONSONÁNTICOS

Teniendo en cuenta el grado de estrechamiento del canal, se pueden identificar tres tipos de modificaciones de la columna de aire:

- 1) oclusión o estrechamiento total
- 2) oclusión, obstrucción o estrechamiento parcial
- 3) flujo sin obstáculos con salida central o lateral del aire, con presencia o ausencia de vibración.

Las consonantes se clasifican de acuerdo a dos parámetros: punto articulatorio (lugar en el que los órganos articulatorios se tocan o aproximan) y modo articulatorio (referido a la forma en la que se produce este contacto o aproximación).

Dado que este material no prevé abordar los sonidos consonánticos, en Anexo se presentan algunas características de esos sonidos.

4.2.1.2 SONIDOS VOCÁLICOS

Desde el punto de vista fonético-articulatorio, la distinción básica entre una vocal y una consonante reside en la presencia o ausencia de impedimento a la salida del aire espirado.

En las vocales, la disposición de los órganos forma una abertura de amplitud distinta dependiendo de la vocal que se trate, pero siempre suficientemente ancha para que el aire salga sin obstáculos. Desde el punto de vista fonético-acústico, las vocales se caracterizan por ser “sonidos puros”, constituidos por vibraciones relativamente homogéneas y no interferidas por ruidos (Morales y Lagos, 2000).

El español tiene cinco fonemas vocálicos: /i/, /e/, /a/, /o/, /u/. En el canto lírico no se trabaja con estos “sonidos puros” sino con fonemas que se producen mediante modificaciones del tracto vocal para alcanzar una buena impostación. La vasta gama de sonidos que debe abarcar un cantante lírico y la calidad de resonancia propia del estilo, llevan a que estos fonemas vocálicos presenten otras características. La técnica del ajuste (“*aggiustamento*” en la didáctica italiana) enseña los diferentes acoplamientos que deben adoptar estas vocales en un equilibrio entre la resonancia y la inteligibilidad, es decir entre el espacio y el punto de articulación de la vocal. Este proyecto “Mapeo de la Resonancia en la Voz Lírica” está profundamente ligado a este aspecto de la homogeneización, del justo calibre del moldeado vocálico en función de la resonancia y de una eficiencia en la transmisión del sonido. Hay muchas referencias técnicas para lograr este objetivo, ya desde los primeros tratados del canto, que tienen que ver con imágenes y con puntuales indicaciones de movimientos de las cavidades u órganos móviles como es el incentivar al estudiante a mantener constantemente amplio el espacio en la faringe y mover sutilmente la lengua de vocal a vocal. Se requiere flexibilidad y a la vez tonismo en las partes involucradas sobre todo en laringe, faringe, velo, lengua y labios.

Al articular vocales, el tracto bucofaríngeo adopta diferentes formas, generando zonas de mayor o menor constricción articulatoria (Martínez Celadrán & Planas, 2007).

4.2.2 LAS VOCALES

4.2.2.1 CLASIFICACIÓN DE VOCALES DE ACUERDO AL MODO ARTICULATORIO

Se entiende por *modo articulatorio* a la posición y grado de apertura o de cierre que los órganos articulatorios producen frente a la corriente de aire.

En el caso de las vocales, la apertura es completa, el paso del aire es libre y las cavidades supraglóticas se limitan a modificar el timbre.

Según el modo de articulación, las vocales se clasifican en:

- **altas:** cuando la lengua ocupa la posición más alta dentro de la cavidad bucal, como en el caso de la /i/ o la /u/
- **medias:** cuando la lengua ocupa una posición superoinferior intermedia en la cavidad bucal, como en la /e/ y la /o/.
- **bajas:** cuando la lengua ocupa la posición más baja dentro de la cavidad bucal, como en el caso de la /a/.

En este sentido, Godino y Gómez-Vilda (2013), puntualizan que la forma del tracto en la producción de las vocales está controlada principalmente por la posición de la lengua, de la mandíbula y de los labios. De este modo, las características acústicas resultantes permiten diferenciarlas entre sí en base a múltiples criterios.

Criterios de diferenciación:

- **Apertura de la boca:** está determinada por la acción de los labios y del maxilar inferior, dando lugar a las vocales abiertas (/a/), medias (/e/, /o/) y cerradas (/i/, /u/).
- **Grado de estrechamiento o constricción:** permite identificar dos grupos de sonidos vocálicos, estrechos (/i/, /u/, /o/) y amplios (/e/, /a/).
- **Longitud del tracto:** se modifica redondeando los labios y ascendiendo o descendiendo la posición de la laringe. Así se obtienen vocales labializadas (con redondeamiento o abocinamiento de labios) como la /o/ y la /u/, y deslabializadas como /i/, /e/, /a/.

4.2.2.2 CLASIFICACIÓN DE VOCALES DE ACUERDO AL PUNTO ARTICULATORIO

Refiere al punto dónde se aproximan o se ponen en contacto dos órganos articulatorios para producir el cierre o el estrechamiento del tracto vocal, provocando la constricción de la corriente de aire, que genera turbulencias o, en el caso de las vocales, la modificación de la forma y volumen del tracto vocal.

De esta manera, se puede clasificar a los sonidos vocálicos según la **zona de estrechamiento**. Existen tres zonas principales de constricción dependientes de la posición de la lengua, los labios y la boca:

- Vocales anteriores o palatales: la lengua ocupa la región anterior de la cavidad oral, zona del paladar duro, como es el caso de /i/, /e/
- Vocales medias o centrales: la lengua ocupa la zona media en la boca, como en el caso de la /a/
- Vocales posteriores o velares: la lengua ocupa la región posterior, zona del paladar blando, como en el caso de /o/, /u/.

4.2.3 TRIÁNGULO VOCÁLICO

Consiste en un esquema que se emplea en el estudio fonético para representar la combinación del modo y el punto articulatorio (Figura 4.2.1). De acuerdo a la posición de la lengua dentro de la cavidad bucal, se configuran dos dimensiones: en el eje vertical se grafica el grado de apertura bucal y en el eje horizontal se representa la parte de la lengua afectada.

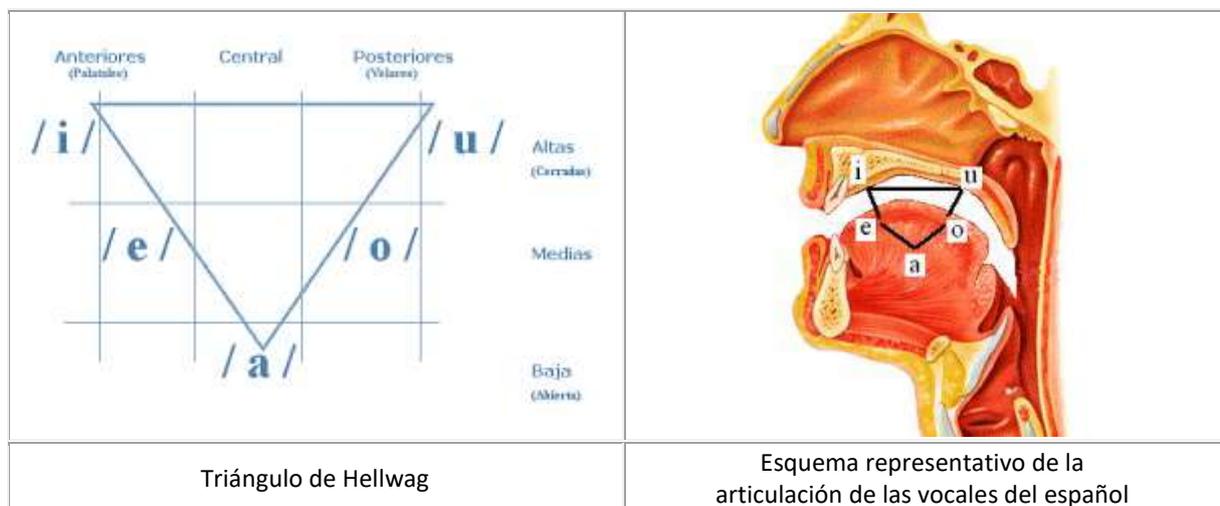
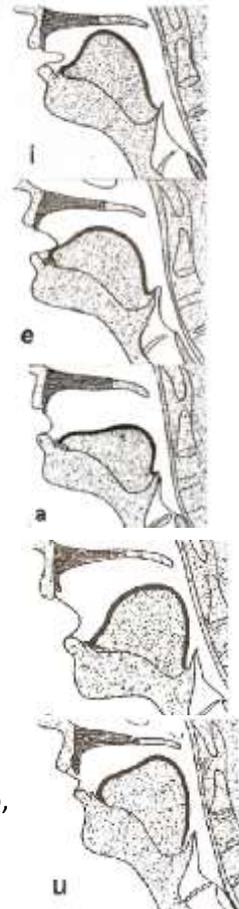


Figura 4.2.1. Triángulo vocálico de Hellwag (tomado de Iribar Ibabe, 2020).

Según la posición que adopte la lengua (sobre todo el dorso lingual), la constricción se dará en distintas zonas (Navarro Tomás, 1990:46, extraído de Farías 2016):

- /i/: el dorso se eleva contra el paladar duro, tocándolo ampliamente a ambos lados y dejando en el centro una abertura relativamente estrecha; este contacto alcanza por delante hasta los dientes caninos.
- /e/: el dorso se eleva contra el paladar tocándolo a ambos lados hasta la mitad aproximadamente de los segundos molares, y dejando en el centro, entre el paladar y la lengua, una abertura mayor que la de i.
- /a/: el punto de articulación determinado por la pequeña elevación del dorso de la lengua, corresponde, aproximadamente, al límite entre el paladar duro y el velo del paladar.
- /o/: la lengua se recoge hacia el fondo de la boca, elevándose por la parte posterior contra el velo del paladar.
- /u/: la lengua se recoge hacia el fondo de la boca, elevándose más que en la o, por su parte posterior, contra el velo del paladar.



Figuras tomadas de Neira (2013)

Resulta oportuno presentar aquí el cuadrilátero acústico de las vocales del Alfabeto Fonético Internacional (AFI):

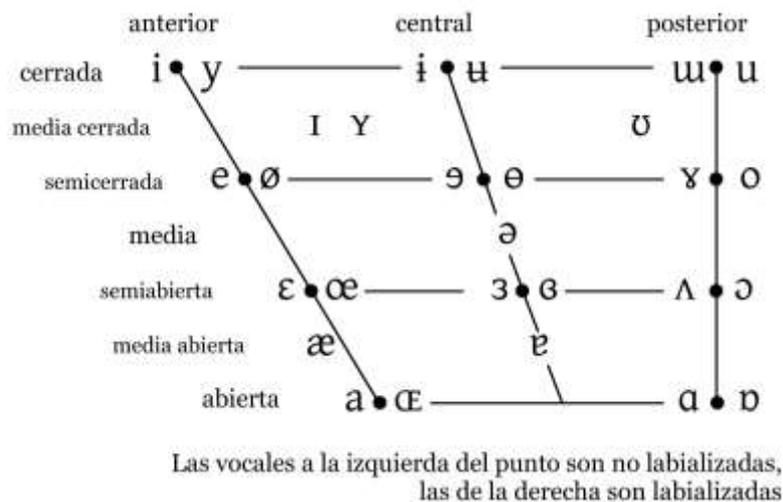


Figura 4.2.2. Cuadrilátero vocálico del Alfabeto Fonético Internacional (AFI)

4.2.4 LA ACCIÓN DEL VELO DEL PALADAR

La posición del velo del paladar define la nasalidad/oralidad del sonido. Cuando el velo del paladar se encuentra adherido a la pared faríngea el aire sonorizado sale solamente a través de la cavidad bucal. En cambio, cuando el velo del paladar está separado de la pared faríngea, hay pasaje de sonido a la cavidad nasal y los sonidos serán nasales.

En el caso de las vocales, la coarticulación de las mismas en el contexto de la palabra puede producir que el velo del paladar se encuentre separado de la pared faríngea, y que, al mismo tiempo, el conducto oral esté abierto. Este tipo de sonidos vocálicos recibe el nombre de oronasales, o vocales nasales. Esto sucede cuando la vocal se encuentra entre dos consonantes nasales o cuando aparece antes o después de una consonante nasal. En los demás contextos se realiza como vocal oral.

La emisión de cada vocal, está estrechamente relacionada a la posición del velo del paladar y de la lengua, como se describió anteriormente. La laringe se relaciona directamente con la base de la lengua a través del hueso hioides, por lo que dependiendo de la posición que adopten los órganos articulatorios en general y la lengua en particular en la emisión de cada vocal, se modificará la posición laríngea.

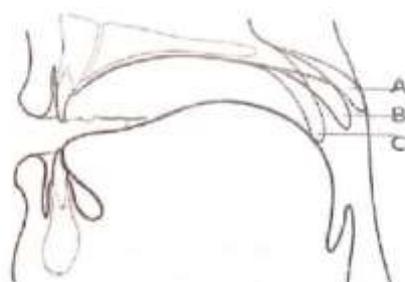


Figura 4.2.3. Corte sagital esquemático de cavidad bucal con diferentes posiciones de velo del paladar: A. Velo elevado en posición de oclusión total en emisión de fonemas orales. B. Velo en posición de reposo. C. Velo en posición baja para emisión de fonemas nasales (m, n, ñ) (Fariás, 2016)

4.2.5 MOLDES VOCÁLICOS SEGÚN EL CANTO LÍRICO

Se denomina así en el canto lírico un conjunto de formantes específicos de cada vocal, aprendidos en el proceso de la formación de la voz lírica, que comúnmente se llama impostación o colocación de la misma. Estos formantes implican posiciones específicas linguales [i-e] o labiales [o-u], considerando la vocal [a] como única vocal neutral que influye sobre la posición de la mandíbula. En este proceso de homogeneización intervocálica cada molde específico fonético adquiere cualidades fonéticas de otras vocales sin por eso perder su formante característico. Este proceso se culmina en la formación convergente de un metaformante lírico personal en cada cantante lírico, que es relativo a sus posibilidades tímbricas inherente a las características intrínsecas de su “aparato fonador” virtual, dependiendo de realidades fisiológicas como su sexo y registro como también de factores aprendidos como su lengua materna por ejemplo. También influye en ese sentido la posición específica de la “laringe bajada, bostezada” que surge de la necesidad de “cubrir el pasaje de la voz”, común a todas los moldes vocálicos líricos y muy distinguible en nuestra estética de canto a diferencia de otros estilos y formas de canto igualmente válidos que no son objeto de este trabajo.

Este estudio se focaliza en los 5 moldes básicos del canto lírico o (a – e – i – o – u). Como pequeño excursus se menciona que en italiano, francés o alemán –por solamente nombrar los más

representados en los subgéneros líricos— existen sensaciones abiertas y/o cerradas de estas mismas vocales como también vocales con moldes combinados, como por ejemplo los “umlaut ü, ö” en alemán que convergen con las sensaciones vocálicas de la “u” y de la “e” del francés.

La principal diferencia entre la descripción de los *sonidos vocálicos del habla* y los *moldes vocálicos utilizados en la técnica lírica* reside en que unos se refieren a modelos puros y “pre-establecidos”, mientras los otros deben ser adecuados gradualmente según las necesidades acústicas que le inscriben las modificaciones del complejo juego de los resonadores. Son por ende producto de un largo proceso de propiocepciones guiado por el docente de canto, que resultan en la calibración cualitativa de sus componentes. Este proceso se complejiza aún más si se toman en cuenta otros sistemas vocálicos de idiomas que también se usan en el canto lírico, como el italiano, francés, alemán, inglés, ruso etc., que cuentan una vasta gama de sensaciones vocálicas, combinadas, nasales, polarizadas en abiertas y cerradas, etc.

En lo subsiguiente se tomará como base el triángulo vocálico de Hellwag (Figura 4.2.1). Tomando como ejemplo la vocal [i] que tiene cualidades estrechas y anteriores, se trataría en la práctica lírica de compensar estas características en dos direcciones sin que se pierda en lo posible la identidad fonética; hacía la [e] en un eje vertical generando así una mayor apertura mandibular a modo de [I] y en un eje horizontal hacía la [u] generando una mayor conexión con la resonancia posterior a modo de [Y]. Se deduce de este concepto que la compensación se realiza en los dos ejes de forma gradual según la altura de la frecuencia fundamental emitida; en este caso las notas más agudas precisarían de más compensación. Otro aspecto de suma importancia es que se trataría de una síntesis sonora aditiva, o sea se suman espacios de resonancia sin perder la impedancia inicial, en caso de la [i] su característico “pincho” (proyección anterior).

Un caso particular constituye el molde de [a], que ya en su forma natural resulta problemático por ser demasiado abierto para la correcta emisión lírica. La compensación con la vocal [ɔ] es universalmente aplicada, debe sin embargo realizarse en la parte posterior de la resonancia (posiciones de velo y lengua). Por otro lado, se trataría de trasladarla hacía adelante con sensaciones de [E] otorgando le más brillo y mejor adherencia al paladar óseo. La cobertura se hace más evidente en esta vocal, que debe realizarse como dice la técnica italiana “aperto ma coperto”.

El molde de [e, E] en sí el más ambiguo, ya que la llamada “e” pura fonéticamente hablando constituye una mezcla de ambos. Según la cualidad a resaltar (cerrada o abierta) tiende más hacía [i] o [a], en la práctica lírica es importante mantener un molde lingual adecuado, independiente de la apertura de la mandíbula realizada; esto evitaría las conocidas calaturas de una “e” demasiado laxa. En su parte posterior se buscarían puntos de contactos con la [ɔ] como también hacía la convergencia vocálica “Schwa”.

También el molde de [o, ɔ] que normalmente es fácilmente adquirido por el estudiante, puede encontrar especificaciones, ya que se insiste mucho en la cualidad orbicular (labial) de la [o] cerrada por generar importantes resonancias. Es interesante razonar que en sí constituye una compensación fonética por su apreciable anteriorización a través de la protrusión labial. Incorporar y mantener este molde orbicular por sobre una abertura incrementada, compensando así su calidad oscura con sensaciones de [a], suele ser un desafío mental y muscular importante.

Lo mismo se podría discernir sobre el molde de [u] que se labializa de una forma similar y por ser más cerrado más se resiste inicialmente a una mayor apertura interna, que puede deducirse de sensaciones de [ɔ] en su parte posterior. Estos moldes labiales concientizan enormemente el así llamado Punto de Mauran, que por sus cualidad espectrales cobra un importante papel en la síntesis final del timbre lírico. Por otra parte existe una alternativa fonética que consiste una posición de labios parecido a la que se adoptaría en la flauta transversa.

En general en todos los moldes se puede encontrar modificaciones importantes y por ende la necesidad de tonificar la musculatura orbicular, lingual, velar, en combinación con una mayor apertura de mandíbula.

4.2.6 A MODO DE ANEXO: CLASIFICACIÓN DE LAS CONSONANTES SEGÚN EL MODO ARTICULATORIO

4.2.6.1 SEGÚN LA PRESENCIA - AUSENCIA DE VIBRACIÓN CORDAL: SONORA O SORDA

Cuando en todo sonido vocálico o consonántico interviene la fuente glotal, se le llama **resultante sonora** y cuando la fuente glotal no interviene, se llama **sordo** al sonido resultante. En otras palabras, la presencia o ausencia de vibración de los repliegues vocales define la producción de consonantes sonoras y sordas respectivamente.

4.2.6.2 SEGÚN LA POSICIÓN DEL VELO DEL PALADAR: NAsALES Y ORALES

La acción del velo del paladar permite la diferenciación entre consonantes nasales y orales.

Si el velo del paladar se encuentre bajo, obturando el paso de aire a la cavidad oral, la salida del aire se producirá a través de la cavidad nasal. Este es el caso de las consonantes [m], [ɲ] y [n]. De lo contrario, si el velo del paladar se adhiere a la faringe, impidiendo el paso de aire a la cavidad nasal, el sonido saldrá por la cavidad oral, y la consonante será oral.

4.2.6.3 SEGÚN LA FORMA QUE ADOPTA EL TRACTO VOCAL

Oclusivas

Hay un cierre completo de los órganos articulatorios, bloqueando el paso de aire durante una fracción de tiempo. Una vez que el aire sonorizado vence la oclusión, éste sale bruscamente originando un ruido o chasquido: explosión, por lo que también se las denomina explosivas.

“Las oclusivas en algunas lenguas pueden ser aspiradas. Esto ocurre cuando la explosión se realiza con la glotis abierta, dando lugar a que se oiga netamente el ruido de la espiración entre la explosión de la consonante y el comienzo de la vocal siguiente, como las [p], [t], [k] iniciales de palabra, en inglés. Las que se pronuncian con la glotis cerrada son no aspiradas, como las españolas [p], [t], [k].” (Quillis, 1997)

Fricativas

El sonido se genera por estrechamiento de los órganos articulatorios sin que lleguen a ocluir el paso del aire, dejando entre ellos un canal por el que pasa la columna de aire y produce un ruido turbulento característico de fricción. También se denominan constrictivas o continuas. Es el caso de la [f], [j] y [s].

Africadas

También llamadas semioclusivas.

“Cuando al cierre completo de dos órganos articulatorios sucede una pequeña abertura por donde se desliza el aire contenido en el primer momento de cierre, percibiéndose claramente la fricación. Una consonante africada consta de dos momentos: un primer momento de oclusión, seguido de otro de fricación, con la peculiaridad de que ambos movimientos se deben dar en el mismo lugar articulatorio.” (Quillis, 1997)

Se trata de articulaciones "dobles", formada por la concatenación de dos articulaciones simples sucesivas: una oclusión seguida de una fricación. Es el caso de /ch/ en la palabra “muchacho”.

Líquidas

Consonantes sonoras; ofrecen poco obstáculo al aire sonorizado, éste sale por los espacios libres. Se dividen en:

- **laterales:** se produce una constricción en la zona central de la cavidad oral por lo que la emisión el aire sonorizado sale por los laterales, como en el caso de la /l/.
- **vibrantes:** ocurre una o varias oclusiones breves entre el ápice lingual y los alvéolos, generando vibración. El aire sale por el medio. Cuando en la articulación se producen varias de estas fases, se habla de vibrante múltiple, como en el caso de [rr] y cuando se produce sólo una fase se habla de vibrante simple, como la [r].

Nasales

El velo del paladar ocluye el pasaje a la cavidad oral y el aire sonorizado asciende a la cavidad nasal.

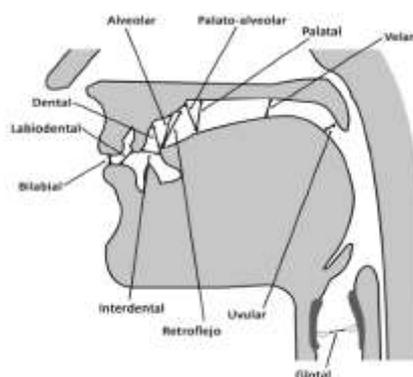


Figura 4.2.4. (Tomado de: <https://cursofonetica.files.wordpress.com/2009/05/introduccion3.pdf>)

4.2.6.4 SEGÚN LA DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE DE AIRE

Se habla de sonidos **egresivos** (cuando la corriente de aire sonorizada sale del cuerpo) e **ingresivos** (utilizan el aire cuando ingresa a los pulmones).

La mayor parte de los sonidos de las lenguas del mundo son egresivos. Sólo algunas lenguas en el sur de África, las lenguas khoisan, contienen sonidos lingüísticos ingresivos, siendo estos últimos menos comunes (Padilla García, 2015).

4.2.6.5 CLASIFICACIÓN DE LAS CONSONANTES SEGÚN EL PUNTO ARTICULATORIO

Las consonantes pueden agruparse en tres secciones mayores según su punto de articulación:

- Articulación labial: bilabiales, labiodentales
- Articulación coronal: interdental, dentales, alveolares, post-alveolares
- Articulación dorsal : palatales, velares, uvulares

De esta forma, se tendrá consonantes:

- **labiales:** contacto de labios. [p], [b], [m]
- **labiodentales:** labio inferior contacta con incisivos superiores. [f]
- **linguodentales o dentales:** la lengua contacta con los incisivos superiores. [t]
- **linguointerdentales o interdental:** lengua entre los dientes. [d]
- **linguopalatales o alveolares:** la lengua contacta con los alvéolos. [s], [n], [r], [rr]
- **linguopalatales o palatales:** la lengua contacta con el paladar. [ch]
- **linguovelares o velares:** la lengua contacta contra el velo palatino. [k], [g], [j].

En la Tabla 4.2.1 se resume la clasificación de las consonantes de acuerdo a su modo y punto articulatorio para el español o castellano rioplatense.

Tabla 4.2.1. Clasificación de consonantes de acuerdo con su modo y punto de articulatorio para el español rioplatense.

		Labial	Labiodental	Interdental	Dental	Alveolar	Palatal	Velar
Oclusivas	<i>Sonora</i>	/b/	/v/	/d/				/g/
	<i>Sorda</i>	/p/			/t/			/k/
Fricativas	<i>Sonora</i>							
	<i>Sorda</i>		/f/			/s/	/x/	/j/
Africadas	<i>Sonora</i>						/y/	
	<i>Sorda</i>						/ch/	
Líquidas	<i>Lateral</i>					/l/		
	<i>Vibrante</i>					/r/, /rr/		
Nasales	<i>Sonoras</i>	/m/				/n/	/ɲ/	

4.3 FONÉTICA ACÚSTICA

4.3.1 ALGUNOS CONCEPTOS DE ACÚSTICA

Entre la producción del sonido en el proceso de fonación y su percepción por los órganos auditivos hay un paso que corresponde a su transmisión a partir del medio de propagación, que en el caso de interés de este trabajo es el aire.

4.3.1.1 DEFINICIONES INICIALES

El **sonido** consiste en una perturbación de la presión de equilibrio de un medio material elástico, que se propaga como una onda de presión y que potencialmente puede, de acuerdo con su frecuencia y amplitud, generar sensación auditiva en las personas.

Con el fin de comprender fácilmente en qué consiste la propagación del sonido, se puede pensar en un diapasón que vibra (Figura 4.3.1). Cada vez que las ramas del diapasón se mueven hacia el exterior, comprimen la masa inmediata de aire ambiente; mientras que el “regreso” rápido de esa compresión debido al movimiento hacia el interior corresponde a la rarefacción.

“De este modo se transmite el movimiento a través del aire. Cada una de estas partículas se mueve hacia adelante y hacia atrás, longitudinalmente, mientras que las ondas de compresión se mueven, hacia adelante progresivamente. De este modo el oído del oyente experimenta momentos sucesivos de alta y baja presión, que afectan al tímpano, resultando de ello la sensación de sonido” (Quillis, 1997).

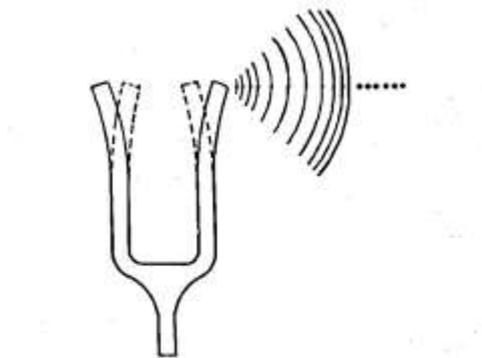


Figura 4.3.1 Representación esquemática de un diapasón en vibración

Una **onda** consiste en la propagación de una perturbación de alguna propiedad de un medio a través de éste, de modo que ocurre transporte de energía, pero no de materia. La magnitud de la propiedad que se propaga en el medio puede escribirse como una función de la posición y del tiempo. En el caso del sonido, la propiedad que se modifica es la presión del medio que, generando modificaciones en otras propiedades, por ejemplo, en la densidad.

Los atributos más importantes de las ondas sonoras son su **frecuencia** y su **amplitud** en términos de presión sonora y, en consecuencia, con la energía que transporta la onda. En lo referido a la evolución, permanencia y variabilidad de los sonidos, el tiempo resulta ser otra variable de interés.

Si en un punto cualquiera se produce una perturbación del aire, la cual provoca un aumento momentáneo de la presión. Si esta perturbación inicial se va propagando en el medio; la diferencia entre las presiones en la zona perturbada y en el aire que lo circunda hace que el aire a mayor presión tienda a descomprimirse, logrando modificar la presión en el aire a su alrededor. Una **fente o emisor sonoro** se puede definir como cualquier agente capaz de producir la perturbación mecánica inicial que se acaba de describir. La mayor parte de los sonidos reales son el resultado de una serie de perturbaciones sucesivas y no de una sola. Las nuevas perturbaciones no modifican la propagación de las anteriores.

La curva que muestra el desplazamiento de la onda sonora en el aire se suele designar como **“trazado de onda”** (Figura 4.3.2).

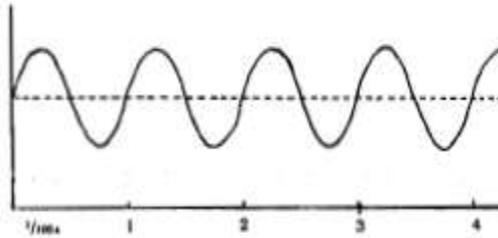


Figura 4.3.2 Trazado de onda (o curva de evolución temporal)

Un **ciclo** se define como el trayecto recorrido antes de recomenzar un nuevo recorrido idéntico al anterior. El número de ciclos por unidad de tiempo se llama **frecuencia**. Como unidad de tiempo se toma el segundo, pero esto no significa que las vibraciones tengan que durar necesariamente un segundo: pueden tener un tiempo mayor o menor.

Es decir, la **frecuencia** (f) es la cantidad de veces que se repite un evento en un cierto tiempo. En el caso de una onda sonora, es el número de pulsos o ciclos de presión que se producen por unidad de tiempo. La frecuencia tiene dimensiones de s^{-1} y su unidad de medida es el Hertz (Hz), siendo $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$ (o 1 ciclo por segundo, 1 cps; o (1/60) ciclos o revoluciones por minuto, (1/60) rpm). Por ejemplo, en la Fig. 2, se muestra una curva que tiene una frecuencia de 100 Hz, ya que se indica que la onda se repite 100 veces en un segundo.

El **período** (T) es el tiempo que media entre dos repeticiones sucesivas de un evento; es el inverso de la frecuencia ($T = 1/f$) y se mide en unidades de tiempo (segundo, s). En los sonidos periódicos de frecuencia f , la correspondiente perturbación se repite cada un tiempo $T = 1/f$. Durante ese tiempo, la perturbación se desplaza una **distancia $c \cdot T$** , donde c es la velocidad de propagación de las ondas de presión en el medio y T es el período de la onda. En el caso en que el medio material es el aire, la velocidad del sonido es del orden de 340 m/s (ver Tabla 4.3.1).

Tabla 4.3.1 Velocidad del sonido para ondas planas en varios medios (en base a fuentes diversas)

Medio	Velocidad del sonido c [m/s]	Densidad del medio (kg/m^3)
Aire a 0 °C	332	1,205
Aire a 20 °C	344	1,29
Helio a 0 °C	965	0,178
Helio a 20°C	1007	0,166
Dióxido de carbono	260	1,97
Hidrógeno	1294	0,09
Vapor a 100°C	405	0,59

La distancia que se tiene entre dos perturbaciones sucesivas, se denomina **longitud de onda** λ y se puede expresar como:

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$$

La perturbación periódica más simple es la **onda senoidal**, que es aquella en la que la presión varía en el tiempo según el seno de un cierto ángulo que depende de la frecuencia f de la onda:

$$p(t) = p_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(2 \pi f t)$$

En este caso el sonido resultante se denomina **tono puro**, ya que auditivamente produce la sensación de “altura”, “tono” o “entonación” en el oído humano. La sensación de altura del tono aumenta con la frecuencia. Así, los sonidos de baja frecuencia son graves (bajos), mientras que los de alta frecuencia son agudos (altos). Los tonos puros se encuentran rara vez en la naturaleza, pero son sumamente importantes como herramienta de análisis, ya que todo sonido puede considerarse como formado por la superposición de tonos puros de diversas frecuencias.

4.3.1.2 COMPOSICIÓN ESPECTRAL DE LOS SONIDOS

Cualquier sonido periódico de frecuencia f puede descomponerse en un conjunto de tonos puros cuyas frecuencias son múltiplos de f . Estos sonidos se denominan **sonidos armónicos, sobretonos armónicos, o simplemente armónicos**. La frecuencia f se denomina **frecuencia fundamental**. La intensidad de los distintos armónicos varía de acuerdo con las características del emisor, lo que confiere al sonido su **timbre**, que es la propiedad que permite diferenciar sonidos de igual frecuencia e intensidad cuando provienen de diferentes fuentes. En la Figura 4.3.3 se muestra el gráfico de evolución del nivel de presión sonora que resulta al tocar un “la” de frecuencia 440 Hz en dos instrumentos de viento diferentes: un clarinete y un saxofón.

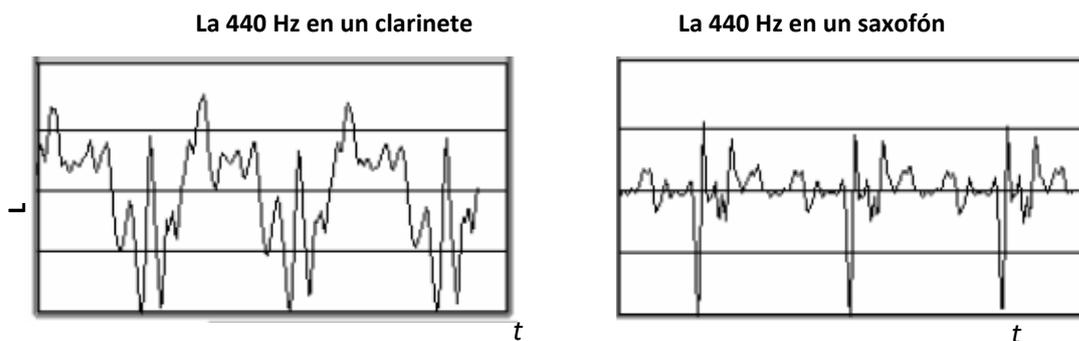


Figura 4.3.3 Gráfico $L(t)$ de un sonido de 440 Hz emitido por un clarinete (izq.) y un saxofón (der.) (tomado de Jordà Puig, 1997) Nótese que, aun tratándose de sonidos de la misma frecuencia, la forma de la onda y la evolución de la intensidad sonora en el tiempo tienen comportamientos diferentes.

Los sonidos reales, aunque no sean periódicos, también se pueden analizar como una superposición de numerosas ondas de diferentes frecuencias. La mejor forma de descomponer un sonido real en otros más simples es hacerlo en los componentes que resultan de emplear para ello un conjunto de intervalos conocidos de frecuencias que se designan como **bandas**. Este tratamiento, que se llama **análisis espectral**, se realiza en general en **bandas de octava o de tercios de octava**.

Se denomina **banda de octava** al intervalo de frecuencias que queda definido por una relación de tal forma que la frecuencia extrema superior es el doble de la inferior ($f_2 = 2 f_1$). En la octava musical se cumple esta misma relación de frecuencias y se denomina **banda de tercio de octava** a aquella en que sus frecuencias extremas están relacionadas de la siguiente forma: $f_2 = 2^{1/3} f_1$.

Cada banda de octava (BO) o de tercio de octava (BTO) tiene una amplitud mayor que la anterior, es decir, se trata de **bandas de ancho variable**. En acústica no es usual emplear bandas de ancho constante.

Las frecuencias centrales de las bandas de octava y de tercio de octava que habitualmente se emplean están estandarizadas según normas internacionales. Por ejemplo, en la Tabla 4.3.2 se listan las

frecuencias centrales de las bandas normalizadas según Norma UNE-EN 61260-1:2014, tanto para octavas (valores en líneas grises) como para tercios de octava (valores en líneas blancas).

Tabla 4.3.2: Frecuencias centrales normalizadas para bandas de octava y tercios de octava (en Hz) según Norma UNE-EN 61260-1:2014

Octavas	Tercios de Octava
	12,5
16	16
	20
	25
31,5	31,5
	40
	50
63	63
	80
	100
125	125
	160
	200
250	250
	315
	400
500	500
	630
	800
1000	1000
	1250
	1600
2000	2000
	2500
	3150
4000	4000
	5000
	6300
8000	8000
	10000
	12500
16000	16000
	20000

El sonido lingüístico es siempre una **onda compuesta**, es decir, una onda que es el resultado de la adición de muchas ondas simples. Una **onda compuesta** puede ser descompuesta en una serie de ondas senoidales. En efecto, la suma de amplitudes de diversas ondas simples equivale en todo momento a la amplitud de la **onda compleja**.

Desde el punto de vista lingüístico, la frecuencia fundamental (f) ejecuta una función lingüística importante a nivel oracional (Bertinetto Caldognetto 1993 en: Romito, 2017). La entonación es muy importante también por la estructura informativa de la expresión. En el plano interaccional, la entonación también sirve para regular las dinámicas entre interlocutores. Además, la frecuencia fundamental es también central para obtener información extralingüística involuntaria, como el sexo, la edad o el estado emocional y también lo es en función del tema sobre el que se habla.

4.3.1.3 VELOCIDAD DEL SONIDO

La propagación de una onda de presión significa que cada partícula es desplazada longitudinalmente de su posición de equilibrio, ejerciendo una fuerza sobre la partícula que está al lado y ocasionándole el mismo efecto. Por lo tanto, cada partícula se mueve muy poco en la misma dirección a la que avanza la onda, y es la onda la que se propaga a mayores distancias y también a mayor velocidad. No existe propagación de materia.

Impedancia Acústica del Medio

Cuando la onda sonora, (la perturbación) pasa por un punto, las partículas experimentan un pequeño desplazamiento respecto a su posición de equilibrio. Al terminar el pasaje de la perturbación, cada partícula vuelve a su posición original. La **amplitud**, se refiere a la distancia máxima a la que se desplazan las partículas desde su posición de equilibrio.

Debido a que en una onda plana la presión es proporcional a la velocidad de las partículas, resulta más conveniente describir este fenómeno en término de la velocidad u , que en términos de la variación de la distancia a la posición inicial en cada instante.

$$p = u \times \rho_o \times c$$

siendo:

$$\rho_o = \text{densidad del aire en kg/m}^3 \text{ (a } 20 \text{ }^\circ\text{C es de } 1,2 \text{ kg/m}^3\text{)}$$

$$c = \text{velocidad de propagación del sonido en m/s (en aire a } 20 \text{ }^\circ\text{C, es de } 344 \text{ m/s)}$$

$$u = \text{velocidad de la partícula en m/s}$$

Escribiendo esta relación de otro modo:

$$\frac{p}{u} = \rho_o \cdot c$$

O bien:

$$p = Z \cdot u, \text{ siendo } Z = \rho_o \cdot c$$

El cociente p/u se denomina **impedancia acústica específica** del medio y se representa con la letra **Z**. Su unidad es el Rayl, siendo 1 Rayl = 1 Pa.s/m.

Velocidad de las Partículas del Medio

La velocidad de cada partícula al momento del pasaje de la onda se puede calcular si se conoce la presión sonora y el valor de Z, considerando que $p = Z \cdot u$

La velocidad de las partículas del medio en una conversación normal (presión $\approx 0,020$ Pa), suponiendo una temperatura del aire de unos $20 \text{ }^\circ\text{C}$, resulta ser de algunas centésimas de milímetro:

$$u = \frac{p}{Z} = \frac{0,020}{1,2 \times 344} = 4,8 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

Velocidad de Propagación del Sonido

En el caso del sonido, que se refiere a una onda plana, la presión en cada instante es constante sobre

cada plano perpendicular a la dirección de propagación. La onda se desplaza con cierta velocidad c que se designa como **velocidad del sonido** y al cabo de un tiempo t las variaciones de presión llegan a una distancia $d = c \cdot t$ del punto en que se inició el fenómeno.

La **velocidad de propagación c de la onda** es mucho mayor que la velocidad de movimiento de las partículas con respecto a su posición de equilibrio, lo que surge claramente de los ejemplos anteriores.

4.3.1.4 POTENCIA, ENERGÍA, INTENSIDAD

Energía de una onda sonora

En el análisis termodinámico las formas de energía de un sistema, se pueden considerar en dos grupos: macroscópicas y microscópicas.

Las energías microscópicas se refieren a aquellas que se relacionan con la estructura molecular de un sistema y el grado de actividad molecular. La suma de todas las formas de energía microscópicas se la denomina *energía interna*.

Se consideran como energías macroscópicas, la energía cinética y la energía potencial. Estas energías están relacionadas con el movimiento y la influencia de factores externos como la gravedad, el magnetismo, la electricidad y la tensión superficial. **En los sistemas acústicos, la energía puede descomponerse en energía potencial y energía cinética.**

La energía asociada con una onda sonora se relaciona con la presión, por lo tanto, la energía se va propagando junto con la perturbación. Como la presión es diferente de cero sólo en los puntos por los que está pasando la perturbación, en esos puntos se tiene también un valor de energía acústica no nulo.

Potencia acústica

La **potencia** es la cantidad de energía por unidad de tiempo. Se mide en joules sobre segundo (watt), siendo $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$:

$$W = \frac{E}{\Delta t}$$

Luego, la **potencia acústica** es la cantidad de energía acústica que puede emitir una fuente por unidad de tiempo. La potencia es una *característica de la fuente*.

Intensidad acústica

Se denomina **intensidad** al flujo de energía a través de una superficie por unidad de tiempo. Como la cantidad de energía por unidad de tiempo es la *potencia*, entonces la intensidad también puede entenderse como potencia por unidad de área. En el Sistema Internacional (SI), la unidad de medida de la intensidad es el W/m^2 .

$$I = \frac{E}{S \Delta t} = \frac{W}{S}$$

La **intensidad acústica I** , se refiere al flujo de energía acústica que atraviesa una superficie por unidad de tiempo. La intensidad del sonido se vincula con la amplitud de la onda de presión de la siguiente

forma:

$$I = \frac{p^2}{Z} = \frac{p^2}{\rho_0 c}$$

La intensidad sonora varía en el tiempo. El valor medio en un intervalo de tiempo T , se denomina intensidad media. En términos de presión eficaz p_{ef} , la intensidad media se expresa como:

$$I = \frac{p_{ef}^2}{\rho_0 c}$$

La intensidad es proporcional al cuadrado de la presión sonora, por lo que la energía y la potencia acústica también lo son:

$$E = I \cdot S \cdot \Delta t = \frac{p^2}{Z} \cdot S \cdot \Delta t = \frac{p^2}{\rho_0 c} \cdot S \cdot \Delta t$$

$$W = \frac{E}{\Delta t} = \frac{p^2}{Z} S = \frac{p^2}{\rho_0 c} \cdot S$$

Considerando las presiones correspondientes a los umbrales de la audición y del dolor, las intensidades entre las que el oído humano percibe sensación auditiva son de $1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$ a $1 \times 10^2 \text{ W/m}^2$.

4.3.1.5 NIVELES

Nivel de una magnitud

Un **nivel** se define como el logaritmo decimal del cociente entre dos valores de una misma magnitud, de los cuales el que se toma como denominador es un valor de referencia que debe elegirse en función de la magnitud en cuestión.

$$L = \log_{10} \frac{A}{A_0}$$

La unidad de la escala de niveles es el *bel*, que corresponde a una relación de 10 veces entre el numerador y el denominador de la expresión. Para lograr un rango más amplio dentro de la misma escala se emplea el *decibel* (dB), que es la décima parte del bel.

Es interesante notar que un incremento de 1 bel no implica la misma variación en todos los casos. Por ejemplo:

$$L_1 = \log_{10} \frac{100 A_0}{A_0} = 2 \text{ Bel}$$

$$L_2 = \log_{10} \frac{1000 A_0}{A_0} = 3 \text{ Bel}$$

$$L_3 = \log_{10} \frac{10000 A_0}{A_0} = 4 \text{ Bel}$$

Luego, una diferencia de 1 Bel:

$$L_2 - L_1 = \log_{10} \left(\frac{1000 A_0}{A_0} \cdot \frac{A_0}{100 A_0} \right) = 1 \text{ Bel}$$

$$L_3 - L_2 = \log_{10} \left(\frac{10000 A_0}{A_0} \cdot \frac{A_0}{1000 A_0} \right) = 1 \text{ Bel}$$

Sin embargo, en el primer caso el incremento de 1 Bel representa un pasaje de 100 A₀ a 1.000 A₀ (900 A₀) pero en el segundo, se trata de un pasaje de 1.000 A₀ a 10.000 A₀ (9.000 A₀).

Nivel de presión sonora

Para manejar magnitudes con un amplio rango de variación se recurre al concepto de **nivel**. Se trabaja con **niveles de presión sonora**, **niveles de intensidad sonora** y **niveles de potencia acústica**. En los tres casos, sus valores se expresan en dB.

En el caso de los **niveles de presión sonora**, el valor de referencia que se emplea es el umbral auditivo o umbral de la percepción, $p_0 = 20 \times 10^{-6}$ Pa, la cual es la mínima presión que estadísticamente es necesaria para generar sensación auditiva a 1000 Hz en oídos sanos de 18 años de edad.

Se define el nivel de presión sonora como:

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Siendo:

L_p = nivel de presión sonora, expresado en dB

P = presión sonora, expresada en Pa

p_0 = presión correspondiente al umbral de la audición, expresada en Pa

El hablar de un nivel sonoro de 0 dB no está haciendo referencia a ausencia de sonido, sino que el sonido que genera un nivel de 0 dB tiene la mínima presión que promedialmente es capaz de detectar un oído humano sano de 18 años. Por lo tanto, también existen valores negativos de niveles de presión sonora expresados en dB, que corresponden a presiones menores que 20×10^{-6} Pa.

El nivel de presión sonora para el umbral del dolor resulta de:

$$L_{dolor} = 10 \times \log \left(\frac{200}{20 \times 10^{-6}} \right)^2 = 10 \times \log \left(\frac{20 \times 10}{20 \times 10^{-6}} \right)^2 = 10 \times \log (10^7)^2 = 10 \times \log (10^{14}) = 140 \text{ dB}$$

El rango audible para el oído humano se sitúa entre 0 dB (*umbral de la audición o de la percepción*) y 140 dB (*umbral del dolor*). El mínimo cambio perceptible por el oído es de alrededor de 1 dB. Un aumento de 3 dB corresponde a duplicar la presión sonora; pero para que el sonido, de forma subjetiva, parezca ser significativamente más alto, se requiere un aumento de entre 8 dB y 10 dB.

Nivel de Potencia Acústica y Nivel de Intensidad Acústica

Resulta importante reconocer que lo que realmente interesa conocer es lo que ocurre con el flujo de energía acústica que interesa controlar.

El nivel de potencia acústica se escribe como: $L_w = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right)$

El nivel de intensidad acústica, se expresa como: $L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$

La potencia puede expresarse como $I \times S$. Por lo tanto, operando y tomando en cuenta que la superficie de referencia es 1 m^2 , resulta:

$$L_w = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \cdot \frac{S}{S_0} \right) = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) + 10 \log \left(\frac{S}{S_0} \right) = L_I + 10 \log(S) = L_p + 10 \log(S)$$

4.3.2 RESONADORES, FILTROS ACÚSTICOS, FORMANTES

4.3.2.1 CONCEPTOS GENERALES

Volviendo al caso del diapasón, suponiendo que éste se pone sobre una mesa y se hace vibrar, la mesa también vibrará, aunque en menor grado, provocando un efecto de amplificación sobre las vibraciones del diapasón y haciendo que el sonido sea mucho más perceptible. Al provocar dicho efecto, la superficie de la mesa está jugando el papel de **resonador**.

La principal misión de un resonador es reforzar las frecuencias de una onda compleja que llega a él, de tal manera que todo resonador posee una frecuencia natural de resonancia, pero esta puede variar. Es decir, que, si un diapasón en vibración se aproxima a un segundo diapasón, este entrará en vibración débilmente y cada vez más rápidamente; este fenómeno solo ocurrirá si la frecuencia natural en ciclos por segundo del segundo diapasón es prácticamente idéntica a la del primero. Sin embargo, la superficie de la mesa puede vibrar instantáneamente con un gran número de frecuencias diferentes.

Un resonador que permite seleccionar determinadas frecuencias de una onda compleja, se denomina **filtro acústico**.

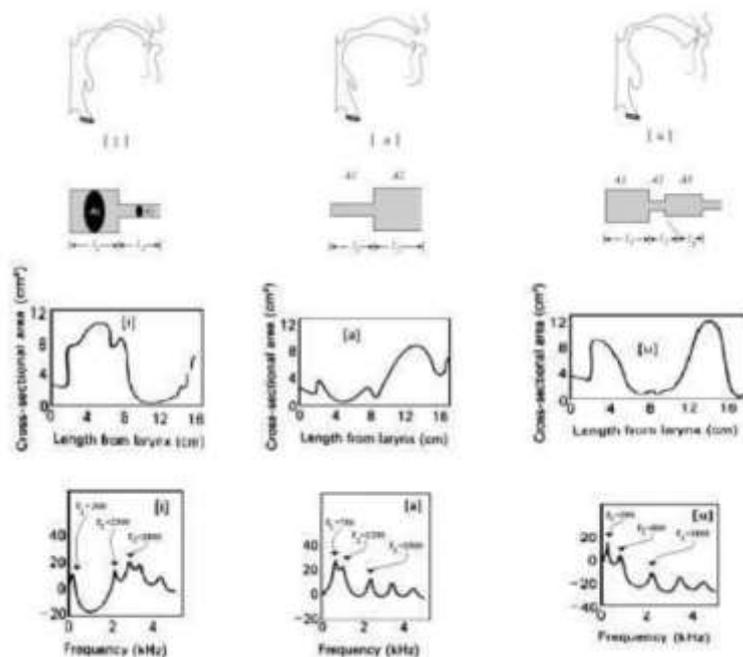


Figura 4.3.4 Distintas configuraciones del aparato articulatorio y sus espectros (tomado de Romito, 2017)

Los **formantes del sonido** son aquellas zonas reforzadas de las frecuencias que caracterizan el timbre de un sonido. En la producción de los sonidos del lenguaje desde el punto de vista acústico la frecuencia del formante es la expresión de la vibración del resonador y esta no tiene por qué coincidir con un armónico del fundamental.

“Se puede afirmar que los sonidos vocálicos del lenguaje humano están compuestos, por lo menos, de dos formantes que son, en conjunto, responsables del timbre particular de cada tipo vocálico (i) / (u) / (a). Estos dos formantes son atribuidos en su realización a los dos principales resonadores del proceso de fonación: la faringe y la boca. Puede decirse que la estructura acústica de la vocal es el resultado del modelo de vibración del tubo resonador en su conjunto. El análisis acústico de las vocales reveladas, mismo la existencia de otros formantes, que bien contribuyen a poner de relieve el timbre de los tipos vocálicos (así, por ejemplo, un tercer formante en torno a 3000 Hz acusa el timbre claro de la realización (i), o bien determinan las cualidades secundarias de las vocales.

Ya que los formantes, tienen que contener los armónicos del tono fundamental, se puede decir que la frecuencia del formante no tiene por qué coincidir siempre con la del armónico. La frecuencia del fundamental varía en la palabra de un instante a otro y normalmente también de un periodo a otro.”

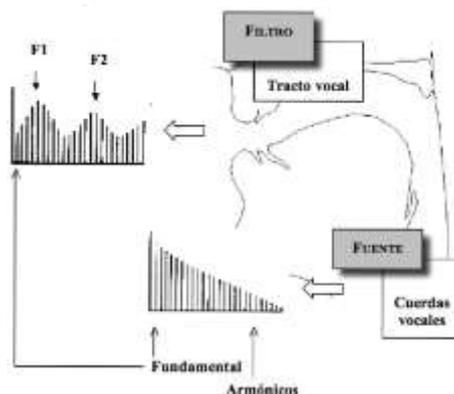
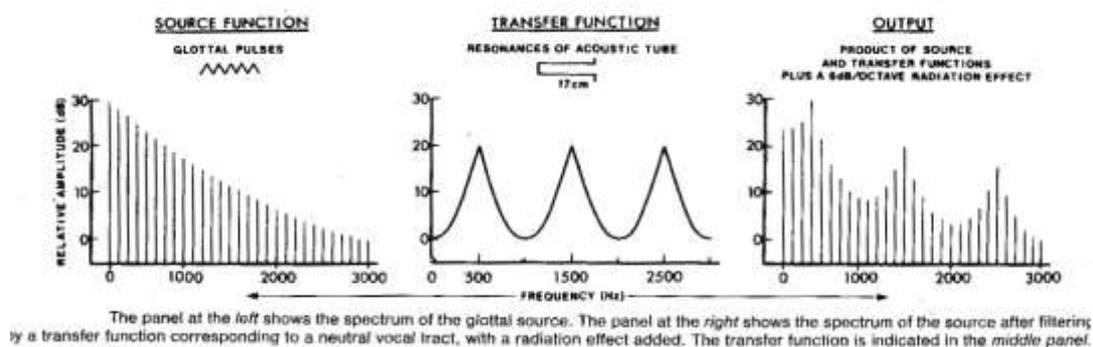


Figura 4.3.5 El tracto vocal como filtro acústico: modificación del espectro de la señal emitida (Tomado de Llisterri, 2020)

4.3.2.2 CORRELACIÓN ENTRE CONFIGURACIÓN ARTICULATORIA Y FRECUENCIAS FORMÁNTICAS

Perspectiva Histórica

El primero en teorizar la relación entre la variación de los valores formánticos y los movimientos articulatorios fue Joos (1948), quien sostenía que el primer formante estaba relacionado con la altura de la lengua y la segunda con la posición de la lengua a lo largo del eje anteroposterior.

Fant (1960) y Delattre (1966), afirmaban que el valor del primer formante depende de los movimientos de la lengua hacia lo alto y hacia lo bajo, pero también de la apertura de la boca, que el valor en Hz es inversamente proporcional a la altura de la lengua y directamente proporcional a la apertura del aparato bucal. El valor de la segunda formante, es directamente proporcional al cambio de lugar de la masa lingual hacia adelante. La tercera formante depende de la redondeamiento de los labios siendo inversamente aumento de la protrusión.

Clark y Yallop (1990) y Leoni y Maturi (2002) marcaron la relación entre los valores de F_2 y F_3 . En los sonidos producidos con los labios redondeados, el efecto de redondeo produce consecuencias en el movimiento de la lengua, que espontáneamente irá hacia atrás y esto repercute en los valores de F_2 .

Se puede simplificar la cuestión al afirmar que el valor de la primera formante vocálica F_1 es inversamente proporcional a la altura de la lengua y directamente proporcional a la apertura de la mandíbula; el valor de la segunda formante es directamente proporcional a la anterioridad de la lengua y el valor de la tercera formante es inversamente proporcional al redondeamiento de los labios.

Frecuencias Formánticas F1 y F2

Se puede pasar los valores de las primeras dos formantes a un sistema de ejes cartesiano. Para cada vocal se representa el valor de su F_1 en el eje de las ordenadas, de arriba hacia abajo (desde el punto de vista articulatorio, este eje representa la altura de la lengua); y el valor de su F_2 en el eje de las abscisas, de derecha a izquierda (eje que representa la posición anterior o posterior de la lengua. (Esta representación corresponde al tercer cuadrante del sistema cartesiano).

El valor de cada formante depende de la frecuencia fundamental de cada hablante y de los espacios (resonadores) creados en el aparato bucal. Por lo tanto, los valores formánticos no son absolutos, sino que pueden oscilar en las diversas emisiones del mismo hablante dentro de un cierto intervalo de frecuencias, llamado *área de existencia (o de dispersión) vocálica*. Las áreas de existencia vocálica ocupan casi todo el todo el espacio vocálico y, por lo general, no se superponen nunca entre sí. Su dimensión está ligada a la cantidad de las vocales de esa lengua. A modo de ejemplo, puede verse la

Figura 4.3.6. Sin embargo, como en el canto no se trabaja con moldes vocálicos puros, las áreas de existencia de las distintas vocales presentan superposiciones.

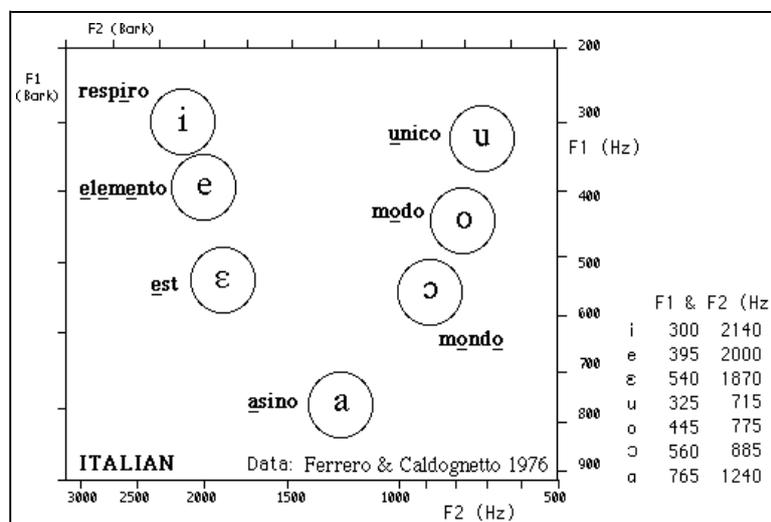


Figura 4.3.6 Valores formánticos de las vocales del italiano septentrional.

En la Figura 4.3.7 se muestran las áreas de existencia encontradas experimentalmente en este trabajo.

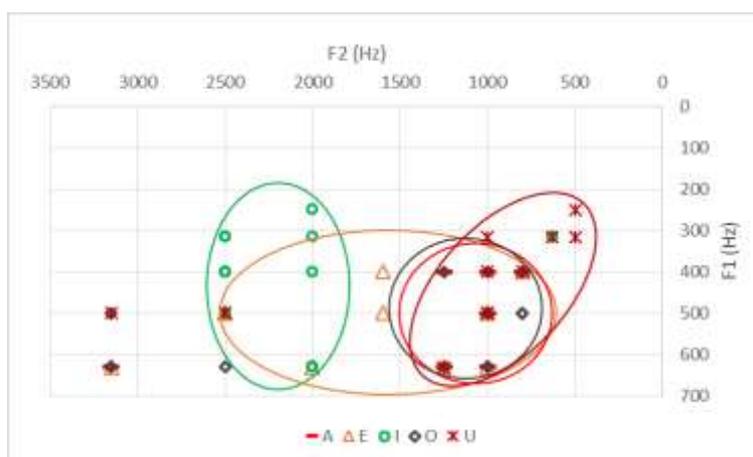


Figura 4.3.7 Formantes vocálicos en el canto obtenidos a través de las mediciones

4.3.3 LAS VOCALES

El análisis acústico de las vocales ofrece más ventajas que el articulatorio.

Se podría decir que toda la estructura formántica de una vocal tiene su origen en toda la cavidad bucal, la cual actúa como un gran mecanismo de resonancia. De acuerdo a esto y según Pierre Delattre: las resonancias que caracterizan el timbre de una vocal oral resultan de la vibración de las cuerdas vocales al pasar por la boca (y por las cavidades guturales).

La boca se comporta como un filtro (resonador) que no deja pasar nada más que ciertas vibraciones salidas de la glotis. Las frecuencias que la boca deja pasar son diferentes para cada vocal; esta diferencia se debe básicamente a que las cavidades de resonancia que las filtran cambian de formas y/o de dimensiones. Es decir, que cuando las cuerdas vocales vibran, producen una onda compuesta y cada uno de los sonidos vocálicos que se emiten tendría exactamente la misma configuración. Esto quiere decir que, **si la percepción de cada vocal dependiese solamente de la frecuencia de sus componentes, todas las vocales se dan bajo condiciones prácticamente iguales.**

Entonces, aunque las frecuencias de los componentes de las vocales sean iguales, lo que diferencia una vocal de las otras, es la distinta estructuración de sus armónicos, cuya percepción, se denomina **timbre**.

4.3.4 TRIÁNGULOS Y CUADRILÁTEROS ACÚSTICOS

4.3.4.1 TIPOS ACÚSTICOS

Al analizar los resultados obtenidos en algunas aplicaciones de la electroacústica es posible clasificar las vocales en **tipos acústicos**. A grandes rasgos, se puede decir que estos tipos vocálicos son los mismos en todas las lenguas del mundo; sin embargo, en cada lengua no se utiliza más que un número restringido de todas las posibilidades vocálicas de nuestro proceso de fonación.

Todas las vocales poseen los rasgos **vocálico, continuo, sonoro** (el rasgo sonoro acompaña normalmente a la vocal, pudiéndolo perder en determinadas circunstancias debido al contorno en que estén situadas -vocales ensordecidas-) y **no consonántico**.

La mayoría de las lenguas, han ampliado este sistema, añadiendo elementos vocálicos en grados intermedios o en series paralelas.

De la misma manera que bajo el punto de vista fisiológico se realiza, la representación de las vocales por medio de los llamados “triángulos articulatorios”, los cuales intentan dar una idea, de la situación articuladora de cada vocal en la cavidad bucal; desde el punto de vista acústico, también es factible la representación de un sistema vocálico por medio de los **triángulos (o cuadriláteros) acústicos**. Estos triángulos acústicos se obtienen situando sobre la carta de formantes los resultados de los valores, absolutos o medios, de los F_1 y F_2 .

Si bien puede parecer a primera vista una gran simplificación, el interés de los triángulos acústicos por sobre los triángulos articulatorios estriba en que lo que es posible percibir son sonidos y lo que interesa es precisamente su estructura acústica y no los movimientos articulatorios, teniendo en cuenta, además, que, por el fenómeno de la compensación, posiciones articulatorias diferentes pueden dar el mismo resultado acústico.

4.3.4.2 TRIÁNGULOS Y CUADRILÁTEROS ACÚSTICOS

En lo que sigue se presenta un conjunto de cuadriláteros acústicos de diferentes lenguas, recopilados por Romito (2017). Salvo en el caso del español, las fuentes de información que cita ese autor para los valores formánticos de las señales sonoras son el Alfabeto Fonético Internacional AFI y el Manual de Ladefoged (1996).

Sistema Vocálico Español

Se presentan aquí las áreas de existencia o dispersión del sistema vocálico español. En la Figura 4.3.8, a la derecha se presenta el triángulo propuesto por Quillis (1997) y, a la izquierda, el cuadrilátero acústico propuesto por Romito (2017). Los valores formánticos del cuadrilátero acústico de Romito fueron tomados de Martínez Celdrán (1998).

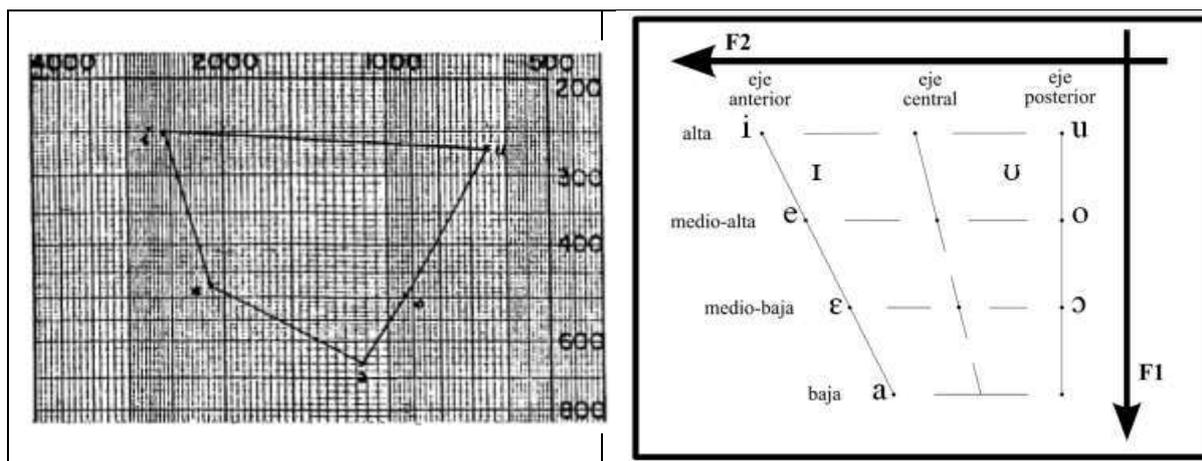


Figura 4.3.8 Sistema vocálico del español. Izq. Según Quillis, 1997; der. Según Romito, 2017

Vale la pena anotar que, si bien en español hay sólo cinco vocales puras, el cuadrilátero de Romito (2017) está construido considerando la pronunciación “real” de éstas, que es más rica en variantes de lo que prevé el alfabeto. A nivel articulatorio, estas variantes aparecen relacionadas con la posición del fonema vocálico en la palabra, confiriéndole distintos rasgos por los fenómenos de asimilación (la

vocal asimila rasgos de las consonantes que la rodean). Además, en el canto se producen variaciones a nivel acústico de las características específicas de cada vocal, alejándose de los moldes vocálicos puros, modificándose de acuerdo a los requerimientos y exigencias del canto, entre otros factores. Por último, las características de las vocales variarán de acuerdo a la región, pudiendo encontrar diferencias en el español rioplatense con respecto al de otras zonas de habla hispana.

Desde la experiencia en el aula, los moldes vocálicos de “e” y “o” en el español del Uruguay tienden a ser abiertos, tal como lo propone el triángulo vocálico de Quillís, que ubica a ambas más cerca de la “a”, o sea del eje abierto. En este sentido, el cuadrilátero del italiano meridional, parece representar con más exactitud donde se ubicarían los cinco vocales del sistema vocálico rioplatense, que puede haber sufrido modificaciones por el importante aporte migratorio de estas regiones. En la práctica, esta “e” más bien abierta carece de tonismo lingual suficiente para la correcta ejecución de su molde lírico, de la misma forma que la “o” carece de tonismo de los músculos orbiculares a los labios.

Sistema Vocálico Italiano

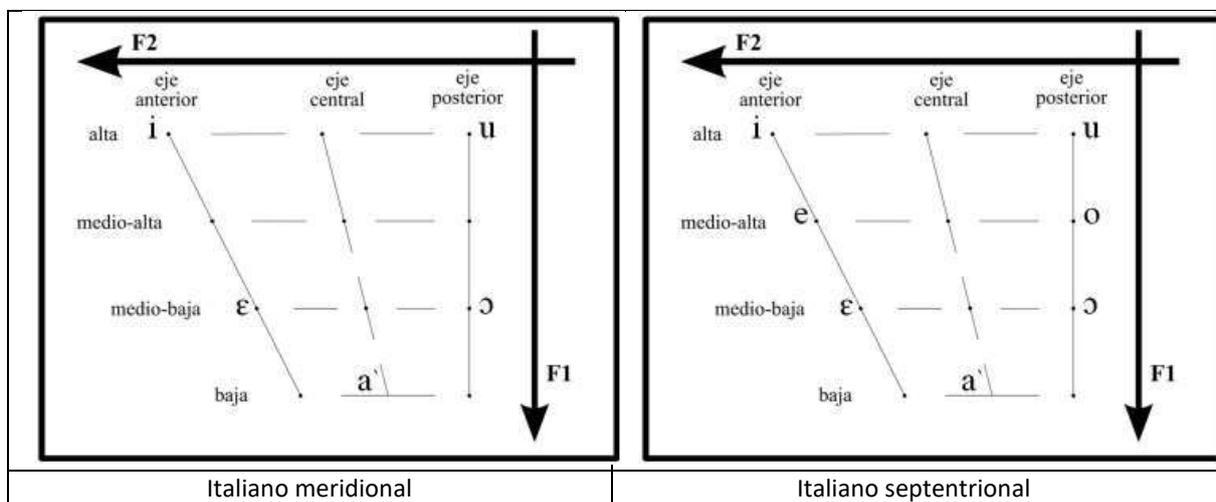


Figura 4.3.9 Sistema vocálico del italiano

Sistema Vocálico Francés

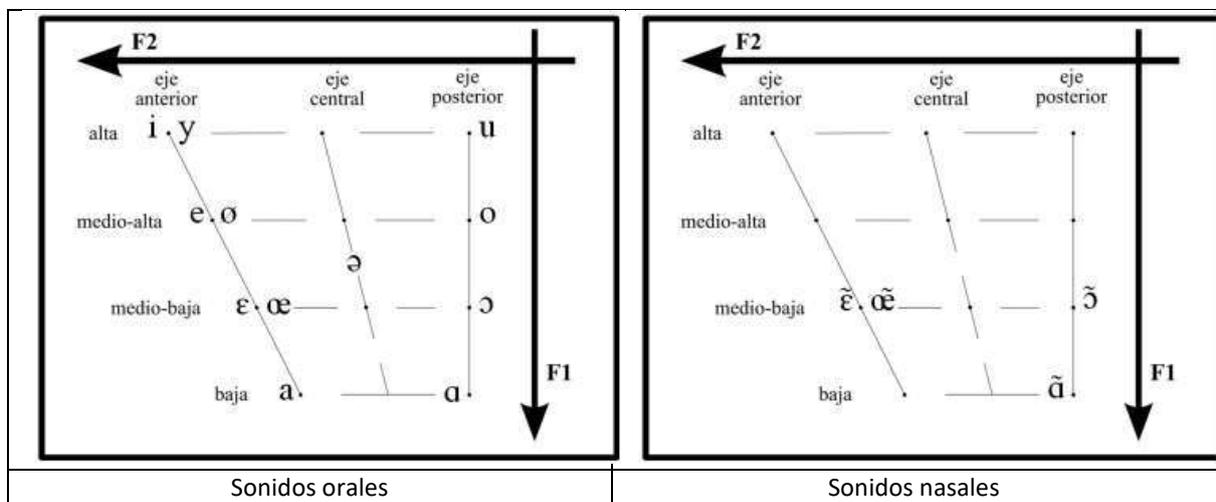


Figura 4.3.10 Sistema vocálico del francés

Sistema Vocálico Inglés

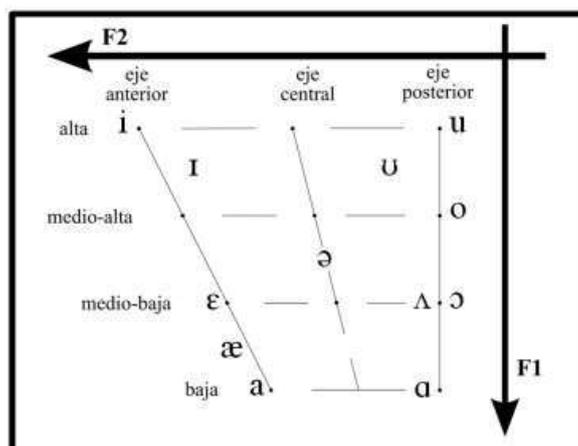


Figura 4.3.11 Sistema vocálico del inglés

Sistema Vocálico Alemán

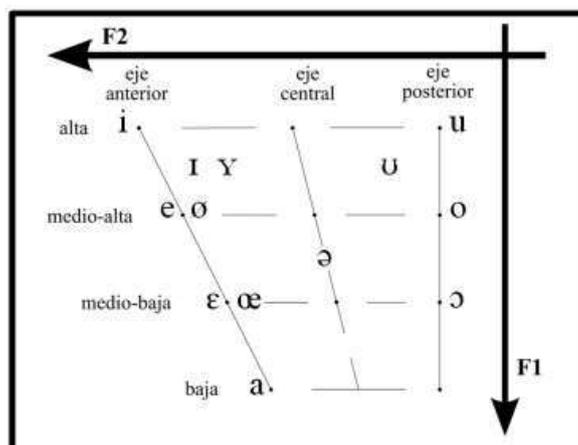


Figura 4.3.12 Sistema vocálico del alemán

5 LA VOZ EN EL CANTO LÍRICO

5.1 LA PROPIOCEPTIVIDAD Y EL CANTO, UNA PAREJA PERFECTA (POR CECILIA LATORRE)

Desde mi experiencia como docente de Canto de la Udelar, hace ya 20 años, he multiplicado ampliamente mi aprendizaje de cuando fui estudiante atendiendo las interesantes y estudiadas observaciones de mis asistentes de cátedra, docentes de otras áreas y mis propios estudiantes.

El aprendizaje y enseñanza del Canto es difícil, curioso, natural, maravilloso y apasionado, pero esto último quizá sea lo más importante.

Lo que nos diferencia, como músicos, de los instrumentistas es que ellos VEN el instrumento-objeto que está fuera de sus cuerpos; los cantantes somos el instrumento y lo que vemos es la cáscara, el afuera.

Todos y cada uno de los elementos investigados, comprobados científicamente y explicitados maravillosamente bien en este completo tratado no los vemos, los demás no los ven en nosotros tampoco.

Por esa razón planteo que la propioceptividad, es decir, lo que cada uno puede sentir, es parte fundamental de nuestro camino.

Recuerdo que la premisa de mi primera clase de canto fue: “Respira como siempre, pero ahora de forma conciente y trata de relatar el camino que hace el aire desde que entra por las fosas nasales hasta que puedas sentirlo...dónde no se siente más, que partes del cuerpo se modifican cuando éste pasa...”

Desde ese día hace 41 años sigo buscando sensaciones todos los días en la vida cotidiana, sensaciones de apertura, de levedad, sensaciones térmicas, imágenes de lo que pasa dentro; el canto se piensa mucho. De ahí la diferencia con el estudio del instrumento objeto y es lo que hace que el cantante tenga un pensamiento más psicológico de su instrumento cuerpo.

Las imágenes a veces parecen no coincidir con los que nos dicta la técnica o incluso el sentido común. Por ejemplo muchas veces usamos la imagen de “sorber” el aire, como que entra y no que sale para encontrar más apertura del tracto faríngeo-bucal.

Imágenes térmicas del aire, como buscar sentir el aire fresco en la cavidad rino-faríngea para justamente identificar este lugar y enviar el aire allí.

Imágenes de volumen como sentir que la faringe es como la de un elefante....grande...ancha.

Pensar que el paladar óseo es permeable y el aire pasa por allí para buscar zonas resonanciales en la cabeza y a la vez sentir que el sonido sube; y así tendríamos cientos de ejemplos.

La gran cantante Maria Callas decía que hay que cantar con honestidad y enseñar con honestidad.

Es decir, cantamos con la verdad y si no es así esto se nota inmediatamente en el escenario, al menos con la verdad de cada uno y tratamos de enseñar de igual manera, no guardando nada, compartiendo todas y cada una de las experiencias que a nosotros nos ha dado resultado, para que sirvan como herramientas, ideas, apoyo de la técnica y conocimiento científico de lo que pasa en nuestro cuerpo.

Nuestro equipo docente comprueba y refuerza cada día en el aula lo que realmente sirve y da resultado en el estudiantado convenciéndonos de que ese es el camino.

5.2 EL CAMINO DESDE LA GLOTIS HACIA EL SONIDO FINAL

Para los docentes de canto lírico, la tarea avocada a la colocación del sonido es punto fundamental de la didáctica. Son unos pocos centímetros de recorrido que cumplen un fascinante trayecto que culmina con la voz.

La impostación es la colocación correcta del sonido producido en la laringe, en las cavidades de resonancia a fin de que, con el mínimo esfuerzo, se obtenga el máximo rendimiento fonatorio; como lo llamó Sundberg: “*bajo umbral de fonación*”, que significa la *facilidad de fonación*. El canto lírico

apunta además a una “*eficiente transferencia del sonido*”, es decir máxima transmisión con el mínimo esfuerzo.

El sonido laríngeo se amplifica enriqueciéndose con armónicos por obra de los resonadores y llega al exterior con características acústicas que dependen de la forma adoptada por las cavidades, además de la estructura anatómica de cada individuo.

Las verdaderas cavidades de resonancia son aquellas situadas entre la fuente sonora y el ambiente externo, no considerando una cavidad como tal, la que esté localizada antes de la laringe, punto de origen de la frecuencia fundamental F0.

Cada cambio morfológico en la estructura de las cavidades de resonancia se traduce en un cambio en el timbre de la voz. El timbre de la voz de cada persona está dado por su constitución anatómica; son características invariables. De los resonadores que se pueden modificar, dependen las variaciones tímbricas voluntarias (diferencias estéticas, imitaciones, falsificaciones vocales).

Desde los primeros y valiosos tratados del canto, en época barroca, se daban indicaciones de cómo acomodar las cavidades para transitar en la gama de sonidos, del grave al agudo, sin dificultades de pasajes o de alteraciones en la impostación: el alemán Herbst, en el siglo XVII, habla de utilizar la vocal “A” en las notas graves y la “O” en el ascenso para concluir con la “U” en la zona aguda. Caccini, en 1601, en su trabajo sobre *Le Nuove Musiche*, dice que la “U” hace mejor efecto en las voces agudas de soprano que en las de tenor y que la “I” es mejor para el tenor en el agudo. De este modo, y con estas indicaciones de cambiar vocales, ya se trataban las modificaciones vocálicas para proporcionar acoplamientos buco-faríngeos. Desde el punto de vista pedagógico, éste puede ser de fácil comprensión y un buen camino para enseñar las primeras indicaciones de posicionamiento de la voz.

También los dos tratados de canto de Giambattista Mancini titulados “*Pensieri e Riflessioni pratiche sopra il Canto figurato*” (Viena, 1774) y “*Riflessioni pratiche sul Canto figurato*” (Milán, 1777) aportan información relevante sobre la técnica de canto de la época. Mancini escribe indicaciones de la forma de la boca y del tracto vocal. El artículo VI del tratado de 1777 se intitula “*Della posizione della bocca, ossia della maniera di aprire la bocca*”, aquí describe correctas y malas posiciones con descripciones de la resonancia. Indica tener la boca abierta con natural comportamiento, con leve sonrisa y con separación entre los dientes y pide cantar las 5 vocales sin movimientos grandes de la boca, de los labios, indicando de ejercitarlo con invisibles mutaciones de la boca en el pasaje de una vocal a la otra. Exhorta a no cantar “*tra i denti*”, es decir con el espacio cerrado entre las dos arcadas dentales. Este punto de observación es uno de los primeros que se identifica en la didáctica y de los primeros moldes de trabajo, porque la separación entre arcadas crea más espacio y genera más armónicos.

En el trayecto espiratorio, la columna de aire encuentra las cavidades de resonancia, que son fundamentalmente la faringe y la boca, que pueden adoptar variedad de formas con realidades acústicas diferentes, dependiendo de la articulación de los sonidos, de la flexibilidad muscular, de la articulación de la mandíbula inferior y de la sinergia de los músculos propios con los interrelacionados. Así, las resonancias reales ocurren en el pabellón faringobucal, faringe, velo del paladar blando y duro, boca. Es allí, en el pabellón faringo-bucal, que el sonido laríngeo se enriquece, se amplifica, se carga de armónicos y genera así sensaciones propioceptivas anteriores. Existe además un potencial de resonancia que produciría el ensanchamiento de los ventrículos laríngeos situados entre los pliegues vocales verdaderos y las bandas ventriculares. Existen áreas sensitivas o puntos de sensibilidad que

no tienen función en la resonancia directa, pero sí en las sensaciones vibratorias propioceptivas, por transmisión ósea de las mismas, como lo es el pecho y zonas del cráneo.

Una buena impostación se consigue, por tanto, cuando se ejercita la fonación con adecuada respiración, relajación, tono óptimo, resonancia y articulación. La emisión en este contexto se proyecta de forma natural, sin tensión, sin esfuerzos asociados y permite un máximo rendimiento.

La voz, desde que se origina en la glotis, realiza un recorrido que debe de ser precisamente dirigido: una trayectoria incorrecta equivale a un recorrido corto desde las cuerdas hacia la boca sin adaptaciones bucofaríngeas; una trayectoria correcta, sería amplia, posterior, pasando por las cavidades armadas de justas dimensiones, hacia una faringe ancha, hacia el paladar blando, tocando la zona del paladar duro, el punto de máxima concentración sonora y la boca.

A nivel logopédico, una emisión incorrecta está relacionada con comportamientos de tensión y desplazamientos en la resonancia como puede ser una emisión engolada, hiper o hiponasal, entre otras, pudiendo generar compensaciones musculares causadas por retracción e hipertonismo de la base de la lengua, falta de elevación del velo del paladar, falta de equilibrio en la dinámica de trabajo de los resonadores, etc.). También puede estar vinculada a una alteración, estructural de los repliegues vocales o modificaciones en el tonismo muscular de los mismos lo que impedirá realizar una eficiente conversión de energía aerodinámica en acústica.

Una vez producida la F0 (frecuencia fundamental), se da la transformación de la onda a su forma compleja en las cavidades de resonancia. Se producen otras frecuencias, denominadas parciales, tonos parciales o armónicos, de los cuales una parte serán atenuados o amortiguados y otros serán amplificados o reforzados, a su paso por las estructuras del tracto vocal.

Las cavidades de resonancia amplias en altura y anchura refuerzan las frecuencias graves. Por el contrario, las cavidades estrechas y cortas facilitan las frecuencias agudas. El punto de mayor resonancia se encuentra en la zona palatal anterior, detrás de los dientes superiores, además de la zona velofaríngea. Se conoce como punto de Mauran. Este punto permanece, abarca cualquier vocal y cualquier frecuencia y se continúa atrás en el velo y faringe.

“Las dos primeras formantes (F1 y F2) o formantes graves determinan el timbre de la vocal, permitiendo distinguir de qué vocal se trata (identificación de la vocal). Las formantes agudas (F3, F4, F5) determinan el timbre vocal, el color de la voz (Sundberg, 1987), (Kent, 1992).

La frecuencia de estas resonancias depende de la morfología que adopte el tracto vocal a partir de la posición de los articuladores. El nivel de F1 es inversamente proporcional a la altura de la lengua respecto al paladar y al grado de apertura mandibular. Cuanto más abierta es la vocal, más alta será el primer formante. F2 depende del grado de anteriorización o posteriorización de la lengua; cuanto más anterior, más elevada la formante. F3 depende de las dimensiones de la cavidad que se forme por delante del ápex lingual; cuanto más pequeña más aguda la formante.

F4 y F5 varían con la anchura y longitud del tracto vocal; cuanto más corto y estrecho el tracto, más agudas estas formantes.

En general, alargar el tracto vocal (protruir labios, bajar laringe) hace bajar todas las formantes oscureciendo el timbre de la voz y acortar el tracto vocal (retraer comisuras labiales, subir laringe)

eleva todas las formantes produciendo un timbre más claro (Fant, 1980), (Sundberg, 1987), (Kent, 1992). Acústicamente hablando, en el canto clásico se persiguen el bajo umbral de fonación y la eficiente transferencia del sonido. Se verá que ambas dependen de la interacción entre la fuente glótica y el tracto vocal: Por una parte, del equilibrio entre la presión del aire procedente de los pulmones y el grado de aducción de los repliegues vocales y por otra, de la configuración que adopte el resonador en cada momento de la emisión (Sundberg, 1974).”

5.3 REGISTROS VOCALES

5.3.1 QUÉ ES UN REGISTRO VOCAL

Una de las definiciones más comunes es la de Manuel García en su tratado de canto: un registro es *una serie de sonidos consecutivos que mantienen cierta homogeneidad, y que son producidos por un mismo mecanismo.*

Para Perelló (1982), el registro constituye *una serie de sonidos producidos por la voz que mantienen un carácter uniforme de emisión, timbre y sonoridad, permitiendo su distinción con otros.*

Según Cobeta et al. (2013), un registro es una *“[...] sucesión homogénea de sonidos que van del más grave al más agudo en la extensión de una voz, y que se producen por un mismo proceso mecánico.”*

En síntesis, un registro vocal:

- Está compuesto de **tonos contiguos**.
- Los tonos de un mismo registro se producen **fisiológicamente de la misma forma**.
- Los tonos del mismo registro comparten el mismo **timbre básico**.

Los registros pueden superponerse en algunos tonos. Cada registro tiene una sonoridad diferente. Las diferencias acústicas responden al moldeado que resulta del pasaje de la señal por el tracto vocal y, fundamentalmente, a las diferencias en la fuente de la señal vocal.

Para hablar de “registro” se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Un registro está relacionado a un modo específico y distinto de acción laríngea. La contribución armónica del tracto vocal es irrelevante.
- Un registro es producido a través de una gama contigua de frecuencias fundamentales.
- El rango de frecuencias fundamentales de cualquier registro laríngeo considerado tiene poca superposición con el rango de frecuencias fundamentales de los otros registros.

Desde el punto de vista de la física acústica y la foniatría, los registros vocales son *eventos de tipo exclusivamente laríngeo, que consisten en una gama de frecuencias consecutivas producidas con idénticas características fonatorias, identificables a través de parámetros perceptivos, acústicos, fisiológicos y aerodinámicos.*

En la didáctica de la voz cantada, cuando se habla de registro, se entiende que se trata de *una serie de sonidos consecutivos de timbre homogéneo producidos por un mismo mecanismo laríngeo, en equilibrio con particulares acoplamientos de las cavidades de resonancia.*

Estos ajustes resonanciales, como explica Franco Fussi, han determinado una variada y divergente terminología, por lo menos en la técnica del canto lírico, que ha llevado a una gran confusión. El tema de la terminología es caótico, tiene que ver con factores históricos musicológicos ligados al desarrollo vocal del canto lírico, que llama registros a sensaciones propioceptivas como puede ser la mención a “registro de pecho” que correctamente sería “voz de pecho”. También en el canto lírico el término registro se usa para referirse a “registros secundarios o de segundo orden” relacionados con el comportamiento de las cavidades de resonancia, utilizando el modo “aperto” y “coperto” que son características de la emisión de la voz.

Los registros secundarios no se diferencian por el patrón vibratorio de los repliegues sino por los cambios y las formas que toma el tracto vocal. Estos cambios se efectúan para favorecer los patrones vibratorios de los pliegues vocales. En el caso de las voces masculinas por ejemplo, un aumento del grado de cobertura genera que no haya cambios en el mecanismo laríngeo (de m1 a m2). El ajuste en las estructuras del tracto posibilita que pueda seguir ascendiendo hacia notas más agudas sin pasar a m2. De todas formas, su definición como “registro” es cuestionada por algunos autores.

Los verdaderos registros primarios serían el modal y el falsete (modal también llamado “pleno”) con otros registros extremos a lo largo de la extensión vocal como el denominado “vocal fry” o el de la gama sobreaguda llamado “Whistle” (silbido), correcta denominación porque está relacionado al comportamiento de las cuerdas vocales.

Como aclara Fussi, en síntesis, encontramos términos que se refieren exclusivamente a sensaciones o fenómenos corporales y que fueron etiquetados erróneamente como “registros”.

Hay modalidades laríngeas diferentes en la extensión que maneja el cantante (del pleno al falsete en una voz no trabajada) que, con el estudio técnico se logra el objetivo perceptivo principal de un único registro, a través de una correcta impostación de toda la gama vocal sobre todo en la zona del pasaje.

En cuanto a los posibles mecanismos laríngeos, se ha podido establecer, a través de electroglotografía o videokimografía, que, al ascender en un continuo desde las frecuencias bajas a las altas, hay un momento en que se reduce bruscamente la amplitud de la señal. Esto se corresponde con una disminución de la superficie de contacto de las cuerdas vocales, o bien con un adelgazamiento de las mismas. Este fenómeno no depende del sexo ni del nivel de entrenamiento vocal. Es un fenómeno característico del pasaje del mecanismo I al mecanismo II, que en la jerga de foniatras y logopedas refieren al registro modal y registro de falsete respectivamente. Existe también un mecanismo tipo III para la voz de silbato o silbido, “Whistle”, y mecanismo 0 que correspondería al vocal fry.

No sólo la existencia y definición de registros carece de unanimidad: tampoco la cantidad y los nombres con que se designan coinciden entre quienes defienden su existencia.

- Desde el punto de vista propioceptivo del propio cantante, la voz puede ser voz de pecho, voz de cabeza o voz de falsete.
- Desde el punto de vista acústico, se puede clasificar en registro grave, medio y agudo.

- Desde la laringoscopia, se habla de mecanismo I, II o III: mecanismo tipo I (MI) para la voz de pecho y mecanismo tipo II (MII) para la voz de cabeza.
- Hirano (1975) identifica tres tipos de patrones vibratorios: el falsete, el registro modal y el registro de pulso o frito vocal.

Según Behnke hay tres registros, tanto para el hombre como para la mujer: registro de pecho, medio y de cabeza.

Para otros autores, hay dos registros en la voz masculina (registro modal o normal y el registro de falsete o loft) y tres en la voz femenina (registro de pecho, registro medio y registro de cabeza). Hay quienes agregan a las mujeres un registro aún más agudo, el "Whistle".

Desde una perspectiva más física o acústica, las cuerdas vocales pueden actuar en diferentes modos de oscilación y cada uno de ellos se corresponde con un registro vocal:

- **Registro pulso o frito vocal (vocal fry):** baja presión subglótica, cuerdas vocales laxas y gruesas; los pulsos de aire glótico ocurren espaciados en el tiempo, por lo que f_0 es baja (por debajo de 60 Hz para voces masculinas). En tonos graves, los pliegues vocales se presentan como cortos y gruesos; producen vibraciones amplias y de poca tensión longitudinal. El tiroaritenoides está activo y es el responsable de dicha tensión. La cubierta o capas de la lámina propia están laxas, para que así pueda propagarse libremente la onda mucosa.
- **Registro modal o de pecho:** mayor presión subglótica, mayor tensión en las cuerdas vocales. El flujo de aire es moderadamente alto. Es el registro típico de la voz hablada "normal". La emisión sonora suele ocupar por lo menos la mitad del tiempo. Los repliegues vocales presentan una vibración regular y existe una tensión longitudinal, medial y aductiva moderada. La vibración cordal es regular y periódica, y las cuerdas vocales se aducen a lo largo de toda su longitud. Es una voz rica en armónicos.
- **Registro de falsete o loft:** las cuerdas vocales están finas y estiradas, rara vez se cierra del todo la glotis. La fase abierta ocupa la mayoría o incluso todo el tiempo. El flujo de aire es moderadamente alto. Cuando se usa en la conversación, es para expresar sorpresa, dar un gran énfasis o en la risa. En este registro cantan los contratenores. En tonos agudos aumenta la tensión de los repliegues vocales y su frecuencia de vibración. Aumenta la tensión longitudinal por la activación del músculo cricotiroideo.

Husson, a partir de trabajos experimentales vinculados a la corriente eléctrica transportada por el nervio recurrente (inerva la mucosa inferior a los repliegues vocales y todos los músculos intrínsecos de la laringe, con excepción del músculo cricotiroideo), propone el término registro bifásico para designar al registro de cabeza (en la voz femenina y voces blancas) y falsete (en voces masculinas). En el registro de falsete, la voz presenta mucho menos armónicos que en los otros registros vocales (Figura 5.3.1).

El registro vocal se define, entre otras cosas, por la zona de resonancia que predomina durante la emisión sonora. Los resonadores tienen la función de amplificar el sonido emitido por las cuerdas vocales y son responsables del timbre vocal. Existen resonadores móviles, que modifican la forma y el volumen (boca y faringe), y resonadores fijos (cavidad nasal) y "falsos resonadores" fijos (senos

frontales, hueso etmoides y maxilares). Las cavidades más pequeñas y duras favorecen la resonancia de sonidos agudos; las cavidades más grandes y de menor dureza facilitan la resonancia de los sonidos graves. Esto ha dado lugar a los llamados *registros de segundo orden*, como por ejemplo, los adjetivos “aperto” y “coperto” que se usan para ilustrar las características de emisión de un sonido.

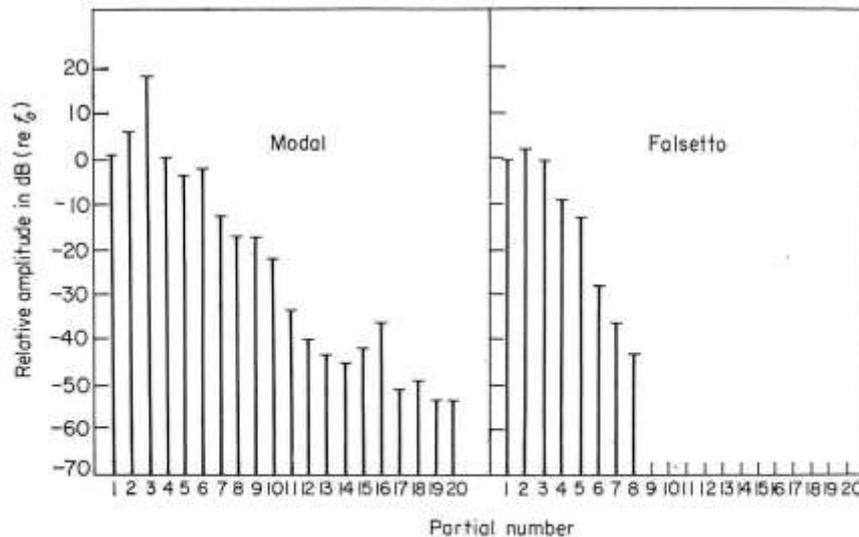


Figura 5.3.1. Ejemplo de un espectro de armónicos parciales para fonaciones producidas en registro modal y de falsete por una única persona, a $F_0 = 208$ Hz (original en Colton, 1972). Se encontraron diferencias muy similares entre registros para todas las frecuencias y sujetos ensayados (Tomado de Hollien, 1974).

En base a la zona de mayor vibración (o de mayor propiocepción de ésta), se tiene:

- **Voz de pecho:** sonidos graves/medios. Se corresponde con la voz plena de hombres y mujeres.
- **Voz de cabeza:** sonidos agudos/medios. Se relaciona con la voz de “falsete” en los hombres. Es importante diferenciar la voz de cabeza de la de falsete, ya que no corresponden a las mismas condiciones de emisión a nivel glótico.
- **Voz mixta:** integra el registro agudo y el grave.
- **Voz de silbido o silbato:** es una condición especial que se da en algunos cantantes. Las cuerdas vocales no vibran; se cierran dejando un pequeño hueco por el que pasa el aire espirado, lo que resulta en un sonido similar al del silbido de los labios. Esta condición imposibilita la articulación, la dicción y el *vibrato*, pero amplía el rango vocal en el que puede actuar el cantante.

En la Figura 5.3.2 se muestran las amplitudes usuales de los registros en la tesitura de cada una de las voces humanas.

Entre un registro y otro se perciben variaciones de timbre. Si el paso de un registro hacia el siguiente se realiza de forma progresiva y precisa, las pequeñas variaciones no se perciben. Sin embargo, cuando la transición se produce en forma brusca, se percibe una ruptura en el discurso musical. La técnica vocal occidental pone especial énfasis en evitar que esa ruptura tenga lugar.

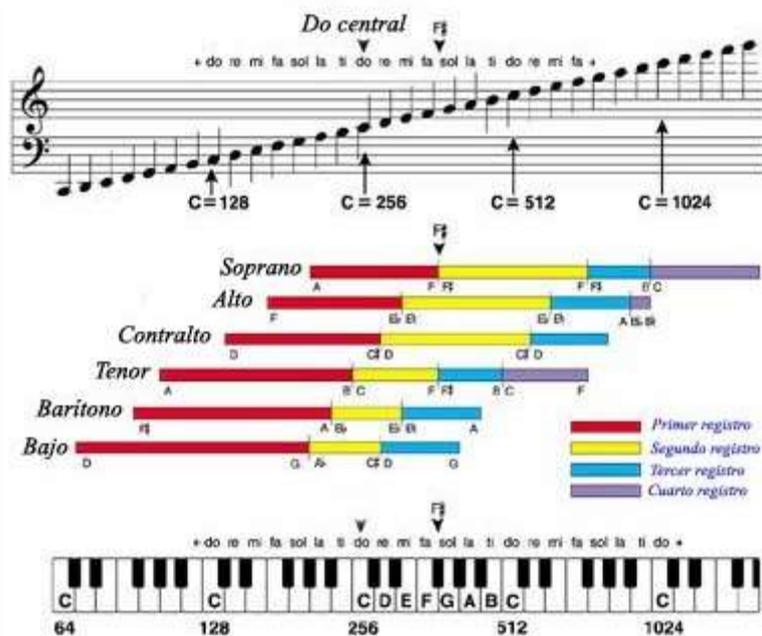


Figura 5.3.2: Los registros en las tesituras de las principales voces humanas (tomado de <http://afiorivocalcoach.blogspot.com/2009/01/registros-de-la-voz.html>)

Para dar un panorama más claro al estudiante de canto, entre tantas definiciones y terminología, resulta de utilidad formular la siguiente síntesis:

Registro Modal (voz hablada, mecanismo 1, monofásico, calificado como registro primario, tracto vocal neutro) que corresponde en la voz cantada al **Registro pleno o pieno** (mecanismo 1, monofásico, tracto vocal con ajustes). En el Registro pleno, ligado a sensaciones vibratorias propioceptivas relacionadas a la forma del tracto vocal, se evidencia la *Voz de pecho* (sonidos graves y medios con sensaciones de vibración en la zona del tórax) y la *Voz de cabeza* (sonidos agudos y medios con sensaciones de vibración en la zona del cráneo). **Voz de pecho y Voz de cabeza no son registros**, son **sensaciones propioceptivas**.

Registro de falsete (mecanismo 2, bifásico, calificado como registro primario, ligero, es **falsete para los hombres y voz de cabeza para las mujeres**) donde se distingue el **falsete reforzado** (con ajustes del tracto vocal usado por los contratenores). Es utilizado en algunos casos por los tenores ligeros para emitir notas agudas en pianissimo.

Registro de silbato, flauta o whistle (mecanismo 3, emisión en los extremos agudos).

Registro de pulso o vocal fry (mecanismo 0, emisión a las más bajas frecuencias). No existe superposición entre mecanismo 0 y mecanismo 1, como puede pasar entre M1 y M2).

En la didáctica del canto se habla de una zona de superposición de los mecanismos. Este fenómeno fisiológico que es el cambio de mecanismo, puede realizarse sobre la misma nota, dependiendo si se canta “ligera” o “pesada” (estos dos términos están relacionados ya sea al aspecto morfológico de las cuerdas vocales, a la presión subglótica como a la percepción de la emisión en cuanto al peso).

Los mecanismos pueden ser combinados, es decir, uniendo y mezclando ambas emisiones (ligera y pesada) dando las mejores cualidades de cada una en función de la impostación. Se perciben sensaciones propioceptivas diferentes entre el registro de falsete y el registro pleno. Como resultado,

se obtiene lo que la pedagogía define como registro medio, voz media o mixta. Desde el punto de vista perceptivo el de falsete está más involucrado con la percepción de vibraciones en el cráneo. “Sutil” y “liviano” son otros términos relacionados a la percepción en las emisiones en mecanismo 2. Los términos de percepción de la emisión en el mecanismo 1 son los opuestos: “heavy”, “de pecho”, “espeso” y hasta se denomina “normal”.

5.3.2 EL PASAJE DE REGISTRO

En la voz cantada, el cambio de un registro a otro se llama *pasaje* o *passagio*. El pasaje supone el paso de un mecanismo de voz a otro y, por lo tanto, una ruptura en el continuo de la emisión de la voz cantada, que debe ser evitado por los cantantes.

El tracto vocal no queda estático, con una forma única ante la emisión de un grupo de tonos, de una melodía, ya sea por grados conjuntos o intervalos, de forma ascendente o descendente.

El cantante realiza “ajustes” para ir direccionando el sonido de manera que se nutra de armónicos, en un movimiento flexible y paulatino. Dentro de estas sutiles variantes hay puntualmente zonas donde es absolutamente necesario buscar una modificación porque físicamente no se puede seguir cantando del mismo modo: se está ante el *pasaje de registro* (*passaggio*).

El *pasaje* es la zona de transición entre un registro y el consecutivo. En principio, es el lugar de la posible ruptura de la voz, ya que se cambia de un mecanismo de emisión a otro. Se identifica por corresponder a aquella frecuencia donde la emisión en voz plena no puede continuar su camino en la extensión, se siente incomodidad y la nota se emite gritada, con mala calidad armónica, sin las correctas modificaciones del tracto vocal. Esto va acompañado por modificaciones de tensión en la musculatura facial, en el cuello y hasta en los hombros.

El pasaje no se produce a la misma altura en todas las voces de la misma tesitura; es más, cada cantante sabe con precisión en qué nota musical ocurre su pasaje y seguramente no coincide con el de otros cantantes de similar tesitura. Partiendo de la hipótesis de que hay tres registros, hay dos pasajes en cada voz. Sin embargo, salvo que se indique lo contrario, se asume que el término *pasaje*, designa sobre todo al segundo de los pasajes, al que corresponde al cambio fisiológico más importante en el canto lírico (este pasaje es el resultado de un ajuste resonancial y no de un ajuste laríngeo, a diferencia del primer pasaje).

Fisiológicamente, si el pasaje es de notas más graves hacia notas más agudas, corresponde al cambio de preponderancia de acción de la musculatura aductora hacia la preponderancia de la musculatura tensora, en coordinación con los elementos aerodinámicos. En cambio, si el pasaje es hacia notas más graves, será a la inversa. La explicación de cómo los cantantes consiguen un pasaje en el que no se perciba el cambio de mecanismo vocal está dada por la habilidad en el control de los mecanismos neuromusculares y aerodinámicos que se adquieren con el aprendizaje, con la práctica, con la percepción y una buena técnica vocal. El estudio de la técnica se enfoca justamente en la adquisición de esta habilidad.

La percepción del cantante ante la realización de un buen pasaje está identificada con la relajación, con la respiración costodiafragmática abdominal, el gran apoyo en zonas resonanciales altas y punto de Mauran, y la falta de sensaciones a nivel de la laringe y cuello. El sonido será timbrado, rico en armónicos y con justo vibrato.

En la Figura 5.3.3 se muestra la realización de una escala mayor ascendente sin preparación del pasaje a través de la cobertura. Se observa un limitado espectro de frecuencias que parece estar “techado” alrededor de los 5000 Hz y con notoria pérdida de intensidad a partir de los 2000 Hz.

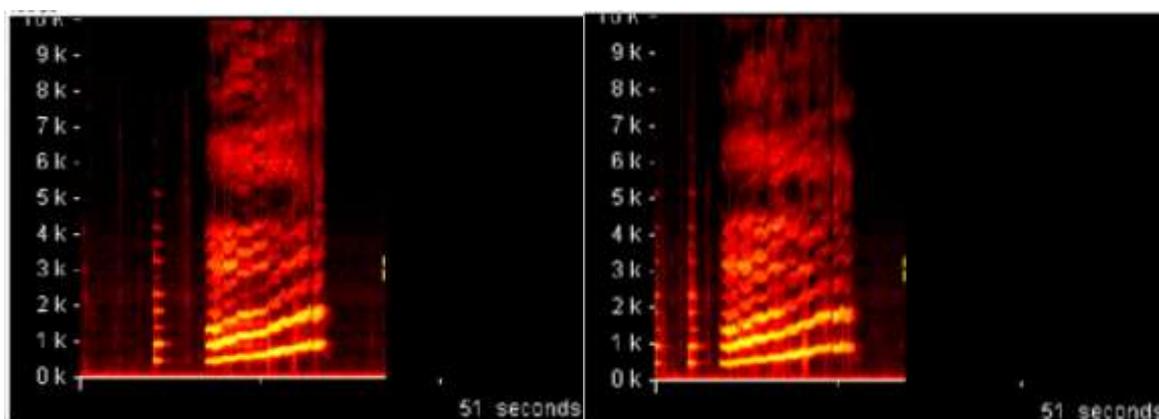


Figura 5.3.3: Sonograma. Escala mayor ascendente. Cantante: Soprano. Escalas sin pasaje ni cobertura.

Luego, en la Figura 5.3.4 se repite la escala, con un buen pasaje preparado con cobertura. Allí se observa un intenso conjunto de armónicos que constituyen casi un continuo en frecuencias. Además, el cambio a nivel resonancial que implica el pasaje queda de manifiesto a partir de los 2000 Hz aproximadamente, en que los armónicos tienen un patrón bastante horizontal aunque la escala continúa, como es esperable, ascendiendo.

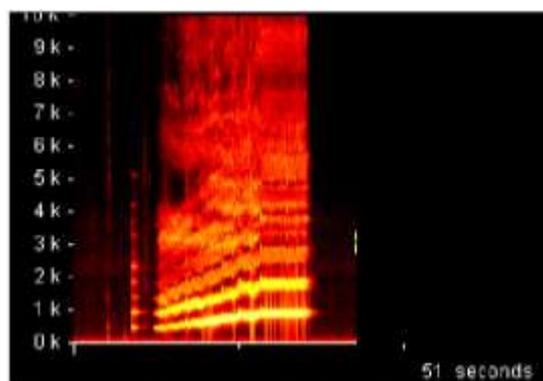


Figura 5.3.4: Sonograma. Escala mayor ascendente, con preparación del pasaje empleando la cobertura.
Cantante: Soprano.

El pasaje debe anticiparse para lograr una buena homogeneidad tímbrica: debe realizarse notas antes de la nota típica de pasaje de la persona y, una vez hecho, no debe “deshacerse” en la misma frase musical o vocal.

Las modificaciones que todo cantante que trabaje su voz debe considerar para superar el pasaje se efectúan a través del recogimiento y **cobertura** del sonido y del control y descenso de la laringe, para no continuar subiendo en registro de falsete o con voz gritada. La sección siguiente de este documento se refiere específicamente a la *cobertura* de la voz.

5.3.3 COBERTURA

Desde el comienzo del trabajo con una voz lírica se sentirá hablar de *cobertura* o “*suono coperto*” o “*raccolto*”.

Es que la cobertura es clave para que el cantante pueda emitir los sonidos de la segunda octava de la extensión de su voz, que corresponden en la voz hablada al rango de la voz gritada, sin realizar un esfuerzo muscular notorio y evitando la posibilidad de “ruptura” de la voz. Realizando una correcta cobertura del sonido, se facilita el pasaje y se logra un sonido homogéneo, expresivo, flexible, con armónicos y sin contracturas ni estrecheces del tracto vocal.

En lo fisiológico es una voz producida con epiglotis levantada, con descenso de la laringe e inclinación del tiroides sobre el cricoides, realización de un amplio espacio faríngeo y vestibular laríngeo, y ascenso del velo del paladar. Este es el comportamiento típico del pasaje de los sonidos centrales a los sonidos agudos en el canto lírico. Se percibe como una redondez vocálica, de color oscuro y suave, con sensación de cuerpo.

El estudio de la cobertura permite llegar a los agudos y sobreagudos, educando al cantante a realizar esta estrategia, logrará mantener la laringe bajo control, independientemente de la altura del sonido que debe emitir. Cobertura no es sinónimo de cerrar, sino de ensombrecer, recoger y ordenar (homogeneizar) el tono emitido.

El principio de “*aperto ma coperto*” en el cual tanto se basa la técnica italiana, ilustra el equilibrio que debe tener el sonido y la necesidad de perfeccionar las cavidades de resonancia para encontrar el punto perfecto: abrir más en los graves y, a medida que se va en ascenso, cubrir en un *aperto ma coperto*. Las sensaciones que se advierten al realizar la cobertura están ligadas a los huesos de la cara, a estimulaciones trigeminales, y a vibraciones altas en el paladar, desde los incisivos superiores y hasta atrás en la faringe y velo.

En una época, el sonido coperto, junto al timbre abierto (*aperto*), eran considerados registros secundarios ya que se decía que las modificaciones del color vocal eran tarea exclusiva de la actividad de las cuerdas vocales generadoras de los llamados registros primarios. Estudios actuales, pusieron en evidencia cómo entre el canto coperto y abierto existe una diferencia en la actividad de los músculos tiroaritenideo (o tiroaritenoides) y cricotiroideo.

Pola, maestro de canto italiano, que tuvo a Pavarotti como alumno dice textualmente (Llorens Puig, 2017):

“todos los cantantes, tanto hombres como mujeres, tienen aquellos famosos puntos, entre la primera y segunda octava, en donde deben cubrir la pieza cantada, para que el color de la nota que se hace en el centro sea la misma que en el agudo; se ha de abrir, cubrir, abrir, cubrir [...] constantemente, siempre dependiendo de lo que se canta. Con los años vas entendiendo dónde conviene más abrir y dónde cubrir”.

En el espectrograma, el canto coperto, da lugar a una mayor concentración de energía acústica en el formante del cantante que muestra también un centro de frecuencia más grave y un refuerzo de la estructura armónica por debajo de 2.000 Hz.

En definitiva, el sonido coperto está caracterizado por una emisión de mayor resonancia con percepción de menor esfuerzo, notando un uso más eficiente y económico del trabajo muscular en virtud de la elegancia y calidad vocal.

6 TRABAJO EXPERIMENTAL

6.1 CANTANTES PARTICIPANTES

En la primera jornada de mediciones, realizada el 6 de diciembre de 2019 en un aula del 7º piso del edificio central de la Facultad de Ingeniería, participaron los integrantes del equipo interdisciplinario que integran la Cátedra de Canto de la Escuela Universitaria de Música. Fue una instancia clave en el proyecto, ya que de la realización de la práctica pero sobre todo a partir de los resultados obtenidos, se tomaron decisiones a propósito de los pasos a seguir y el diseño de la segunda campaña de mediciones.

En la segunda campaña de mediciones, realizada el 5 de junio de 2020 en el anfiteatro del Aulario “José Luis Massera” (Anexo de Facultad de Ingeniería), participaron cinco cantantes (dos docentes y tres egresados y estudiantes) de la Escuela Universitaria de Música, cuyas tesituras son: soprano, mezzosoprano, contratenor, tenor y barítono. A través de ejercicios vocales predeterminados, se midieron las vibraciones en puntos relacionados a la representación resonancial de sus frecuencias parciales.

Los cantantes que participaron en este trabajo son:

- Soprano: Beatriz Lozano Barra
- Mezzosoprano: Julia Bregstein
- Contratenor: José Luis Bieñkowski
- Tenor: Javier Pérez
- Barítono: Ulrich Schrader

Para el equipo interdisciplinario existe un especial interés en conjugar las propiocepciones del sujeto cantante con la realidad objetiva de las mediciones surgidas de las grabaciones.

6.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Se realizaron tres tipos de mediciones simultáneas: niveles de presión sonora, amplitud de vibración (medida como aceleración) e identificación de puntos de mayor emisión (con cámara acústica). Para las mediciones de niveles de presión sonora se empleó un sonómetro de propiedad del DIA-IMFIA; los otros dos tipos de mediciones se contrataron con la empresa Skill.

El **sonómetro** empleado es un **Brüel & Kjær modelo 2250** que tiene incorporado un analizador de bandas en tercios de octava en tiempo real, el cual pertenece a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (IMFIA – Departamento de Ingeniería Ambiental). Se trata de un sonómetro de precisión (clase 1 según norma IEC-61672) calibrado en 2019 por el Laboratorio Total Safety (San Pablo, Brasil).

El **analizador de vibraciones** empleado, provisto por Skill, es un equipo **EXCIEO - Castle Group** con un **sensor triaxial Castle ZL1096-03 & KD1006de 10 mV/G**, calibrado de acuerdo a la norma ISO 8041. El sensor fue colocado sobre el punto de medición de interés con el fin de medir las vibraciones

producidas en diferentes partes del cuerpo mientras se produce la emisión sonora por parte del cantante. Esto implicó que cada cantante repitiera nueve (9) veces cada ejercicio, de modo de tomar los correspondientes registros en todos los puntos de medición seleccionados. El objetivo de estos registros es verificar qué resonadores se activan en cada momento, en relación con las zonas de mayor emisión acústica.

La **cámara acústica**, también provista por Skill, es una cámara **ACAM 120**, la cual consiste en un panel con **40 micrófonos digitales MEMS y una cámara óptica de 5 MP** con la cual, mediante un software de **procesamiento de señal Beamforming**, logra generar video/imágenes acústicas que permiten visualizar las fuentes emisoras de sonido en el rango de 50 Hz a 10.000 Hz, jerarquizadas cromáticamente de acuerdo con la intensidad de la emisión en cada punto.

6.3 PUNTOS DE MEDICIÓN

La elección de los puntos de medición se realizó tomando en cuenta las sensaciones propioceptivas (autopercepciones vibratorias) generadas en el emisor en ocasión del canto. Los puntos escogidos o bien representan zonas próximas al pabellón faringo-bucal (que constituyen los resonadores por excelencia de la voz) o bien guardan relación con las cavidades neumáticas y otras estructuras que, por sus características constitutivas, reciben y transmiten la vibración.

Los senos paranasales son cavidades neumáticas que actúan, no como resonadores de la voz, sino como zonas o estructuras en las que el aire contenido en ellas, vibrará generando en los profesionales de la voz cantada sensaciones propioceptivas. Estas cavidades neumáticas, se localizan en el interior de los distintos huesos del cráneo (frontal, esfenoides, maxilar y etmoides) adoptando sus nombres.

La vibración producida en el órgano emisor, se propagará a través de los músculos suprahioides hacia la cara y, como las cavidades anexas anteriormente mencionadas, son huecas, generarán en el cantante una sensación vibratoria que será mayor en función a la técnica utilizada en el canto.

La vibración originada en la emisión vocal, es transmitida también por los huesos del cráneo y los tejidos de la cabeza. Esto se conoce como “conducción ósea”; cuando los pliegues vocales vibran, el movimiento vibratorio es transmitido también a través de los huesos y tejidos blandos hacia el cráneo y otras estructuras.

En un ordenamiento sobre la línea media de abajo hacia arriba, los puntos considerados son: esternón, laringe, labio superior (punto de Mauran), occipital, nariz y seno frontal y celdas etmoidales (entrecejo). Fuera de ese eje, se tomaron tres puntos de medición laterales: mastoides (dorso), malar y seno frontal (cejas).

A continuación, se describe el motivo principal de cada uno de los puntos anteriormente mencionados y la ubicación del sensor para cada punto en el cantante, además ilustrada en la Figura 6.3.1.

Como se observa en la Figura 6.3.2, la colocación del acelerómetro se realizó en cada caso en forma manual por parte del propio cantante, con la supervisión de la fonoaudióloga en cada uno de los puntos a medir. Cada ejercicio se repitió nueve veces, generando una gran cantidad de datos experimentales.

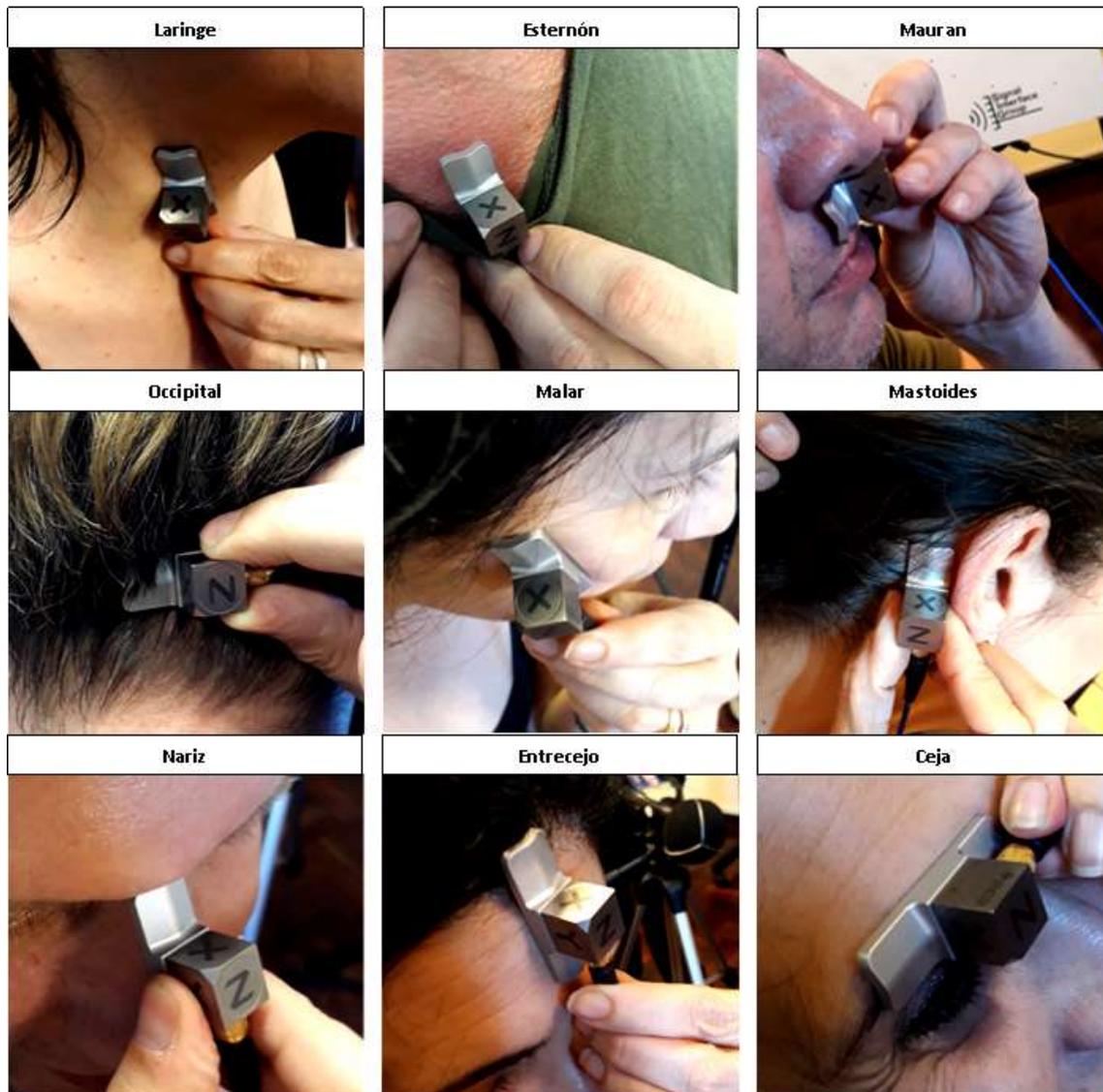


Figura 6.3.1: Puntos de medición

6.3.1 LARINGE

Se escoge este punto por ser el órgano emisor, donde se genera la frecuencia fundamental F_0 . Además, la frecuencia generada en los pliegues vocales encontrará en la región supraglótica el primer espacio resonancial.

El sensor fue colocado de forma vertical sobre la lámina tiroidea derecha.

6.3.2 ESTERNÓN

El esternón está vinculado a la región subglótica y a las vibraciones clásicamente denominadas “de pecho”. Si bien no representa una zona resonancial del sonido laríngeo, las vibraciones se transmiten por vía ósea y generan fuertes sensaciones propioceptivas en el pecho, sobre todo en los sonidos graves. De ahí que se eligió tomar un punto de medición en él.

Concretamente, el sensor del acelerómetro se colocó en el manubrio del esternón.



Figura 6.3.2: Colocación del sensor: una de las fonoaudiólogas del equipo coloca el acelerómetro en un punto de medición (laringe) en el cantante tenor. A la izquierda de la foto se observa el sonómetro.

6.3.3 LABIO SUPERIOR (PUNTO DE MAURAN)

El punto de Mauran (ubicado a nivel palatino, inmediatamente por detrás de los incisivos superiores) es el punto de máxima concentración sonora. Este punto, por cercanía anatómica, transmite sus vibraciones a través del paladar y el maxilar superior, y se propaga a través de los tejidos hacia el labio superior y la zona superior del músculo orbicular.

Por su posición entre las vías de respiración de nariz y boca, el punto de Mauran cumple una función muy importante en la fusión espectral de las resonancias, a la vez que es un foco fácilmente identificable en la concentración propioceptiva del cantante.

Al no poder posicionar el sensor sobre el punto de Mauran para realizar las vocalizaciones, se eligió colocarlo en la zona comprendida entre el labio superior y base de la nariz. Muchas veces en este documento se alude a este punto de medición simplemente como “punto de Mauran.”

6.3.4 NARIZ

La participación de la nariz en la resonancia lírica ha dado ciertas polémicas que se espera dilucidar a través de los datos concretos obtenidos en las mediciones.

Se elige este punto por ser una zona que reúne y recibe vibraciones de la cavidad nasal y los senos paranasales, y guarda una estrecha relación con la cavidad bucal a través del paladar óseo.

El sensor se colocó verticalmente sobre el tabique nasal.

Estos primeros cuatro puntos estarían representando de algún modo resonancias reales, por estar en contacto más o menos directo con la columna de aire sonorizada.

6.3.5 MALAR (PÓMULO)

Se elige este punto por encontrarse sobre el seno maxilar y sobre el hueso malar. El seno maxilar funciona como una cavidad de resonancia accesoria, cuyo aire contenido, al ponerse en movimiento, transmite la vibración hacia el hueso malar.

Medir en este punto permite cuantificar las vibraciones mascarales centrales.

El sensor fue colocado de manera horizontal sobre las estructuras antes mencionadas.

6.3.6 CEJA

Se elige este punto ya que capta las vibraciones del hueso frontal transmitidas desde el seno frontal. Junto con el entrecejo, delimitan la máscara alta.

Se coloca el sensor de forma horizontal sobre el hueso frontal, por encima de la ceja.

6.3.7 ENTRECEJO

Se elige esta zona por estar sobre los senos frontales, parte de las celdas etmoidales (cavidades neumáticas que vibran de forma accesoria) y el hueso frontal.

El sensor se colocó en forma vertical sobre estas estructuras.

6.3.8 MASTOIDES

Tanto mastoides como occipital refieren a vibraciones posteriores, muchas veces difíciles de transmitir en la realidad del aula lírica.

Se elige como punto de medición el mastoides ya que, si bien no se ubica sobre un resonador propiamente dicho, recibe vibración por transmisión ósea de todo el macizo facial en general, y del seno etmoidal en particular por su cercanía con este último.

El sensor fue colocado detrás del pabellón auricular, sobre el hueso mastoides.

6.3.9 OCCIPITAL

Este hueso se escogió porque recibe transmisión vibratoria a través del tejido óseo del macizo facial y la bóveda del cráneo.

Además, se debe considerar la proximidad que presenta el occipital con la rinofaringe y orofaringe a nivel de la base del cráneo, generando una importante zona propioceptiva en determinadas emisiones, especialmente las notas agudas.

6.4 EJERCICIOS REALIZADOS

Los ejercicios seleccionados para graficar el complejo entramado de resonancias, que está expresado en el timbre específico de cada voz lírica como un ADN absolutamente personalizado, debieron ser unificados por un criterio artístico pero a la vez empírico, como lo ofrece la vasta gama de vocalizaciones que se usan comúnmente en todas las ramas de la práctica lírica.

Los ejercicios seleccionados para las mediciones son los que se describen a continuación.

6.4.1 MEZZA DI VOCE

En la historia de los métodos aplicados al canto lírico en las distintas escuelas nacionales siguiendo el ejemplo de Italia, la práctica de la mezza di voce ocupa un lugar central.

La Mezza di Voce, por ser ejecutada en una sola nota, describe la envolvente tímbrica a través de la evolución de la intensidad, que va del suave (piano) al fuerte (forte) y retorna al suave. Para ello se emplea el desarrollo gradual desde la media voz (liviana) hacia la voz plena y viceversa. Complejos mecanismos de graduación de colocación normalmente quedan implícitos en la calibración de sus componentes en equilibrio, generando así una primera “sonografía” de cada molde vocálico.

Comprendida en esta toma de 50 segundos quedó la llamada “homogeneización vocálica” (a – e – i – o – u), que es también emitida en una misma frecuencia fundamental, lo que permite visualizar las diferencias entre los formantes (particularmente F1 y F2) que le confieren a cada vocal sus características tímbricas específicas y diferenciales.

6.4.2 STACCATO Y LEGATO

Como segundo ejercicio se eligió representar el mismo orden vocálico dentro de un ámbito diatónico de quinta, primero en staccato y posteriormente en legato en forma de acorde mayor simple.

De este modo, se obtendría información sobre cómo los distintos modos de ataque a nivel emisor redundan en diferencias medibles en la relación entre resonancias y vibración en los puntos de medición tomados por el acelerómetro.

Asimismo, se identificaron las frecuencias de los formantes F1 y F2 para cada vocal emitida.

6.4.3 GRAND VOCALISE (ARPEGGIO DE 12ª, UNA 8ª MÁS 5ª)

En el tercer ejercicio, denominado “Grand Vocalise” se redujeron los cinco moldes vocálicos básicos a una única vocal cómoda [a] en pro de ampliar el ámbito vocal a la casi totalidad del registro. Esta vocal [a] con componentes de [o] acusa pocas variaciones ante los cambios impuestos por el tracto vocal en la zona de pasaje o los extremos del registro, que en los otros moldes resultarían en modificaciones tímbricas mayores.

Se realizaron “grands vocalises” sucesivos partiendo de tónicas ascendentes en un semitono por ejercicio. En algunos casos, los cantantes procuraron recorrer la mayor parte de su tesitura; en otros, se mantuvieron en su zona de confort.

6.4.4 ESCALA MAYOR ASCENDENTE

El cuarto y último ejercicio se seleccionó con la intención de obtener información relevante acerca de los pasajes de la voz lírica. Se trata de una escala mayor ascendente, ejecutada en un pulso de negra a 60 por minuto, o sea un paso diatónico por segundo. De este modo, resulta más sencillo analizar qué ocurre en cada nota de la escala, aunque sacrificando la comodidad del cantante, ya que no es una vocalización comúnmente usada por ser demasiado “científica”.

Cada cantante efectuó varias escalas ascendentes, con tónicas separadas por un semitono ascendente al igual que en el caso anterior.

6.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

A partir de los datos obtenidos de las mediciones realizadas, se realizaron diferentes tipos de gráficos con el objetivo de intentar interpretar al menos parte los fenómenos que ocurren en el cuerpo del emisor durante el canto.

Las mediciones de niveles de presión sonora ambientales se registraron a aproximadamente dos metros del cantante, en forma simultánea con la medición de vibraciones en diferentes puntos de su anatomía y conjuntamente con el registro con cámara acústica.

Previamente se sincronizaron los relojes de los diferentes instrumentos de medición y de los operadores. También se acordó la nomenclatura a utilizar para guardar cada registro, el orden de los puntos de medición de las vibraciones y de los ejercicios. Como la segunda campaña de mediciones se realizó en pleno período de reclusión domiciliaria voluntaria debido a la pandemia de COVID-19, los cantantes se citaron en forma escalonada a lo largo de la jornada; también rotó el personal de los equipos de Fonoaudiología e Ingeniería Ambiental.

A la hora del procesamiento, el punto más delicado fue justamente la superposición de las salidas de los diferentes instrumentos de medición; esto es particularmente sensible a la hora de superponer los registros de sonómetro y acelerómetro, para evitar interpretaciones erróneas.

Luego, para cada uno de los cuatro ejercicios realizados por cada uno de los cinco cantantes y medidos en nueve puntos en cada uno de ellos, se prepararon los siguientes gráficos:

▪ Evolución temporal de niveles de presión sonora y de amplitud de vibraciones

Estos gráficos muestran, en un mismo eje de tiempos, la evolución de los niveles de presión sonora en escala A (curva en rojo oscuro, en general envolvente de todas las demás) y de algunas bandas de frecuencia seleccionadas, superpuestos con la evolución de la aceleración instantánea registrada por el acelerómetro. Los valores de los niveles de presión sonora se leen en el eje vertical izquierdo del gráfico, en tanto las aceleraciones se cuantifican en el eje vertical derecho, en m/s^2 .

Las bandas de tercio de octava elegidas para ser graficadas son las que presentaron un nivel de presión sonora de 70 dBZ o más en el espectrograma, o bien aquellas que revestían algún interés especial para analizar fenómenos como el pasaje o la sintonización. La causa por la que no se consideró la totalidad del espectro audible responde a que el contenido energético constatado en las frecuencias por debajo de 160 Hz era mucho menor que en las frecuencias graficadas, incluso en el caso de la voz de barítono. Sin embargo, no se recortaron frecuencias en el otro extremo del espectro audible pues varias de las voces estudiadas tienen mucho brillo o mordiente, y éste se manifiesta como un elevado contenido energético en las frecuencias más altas.

En cuanto a vibraciones, se muestran los tres componentes de la aceleración instantánea en m/s^2 , en un sistema de ejes ortogonales en que el eje Oz siempre es perpendicular al plano en que se apoya el sensor. Las vibraciones según el eje Oz aparecen como una línea verde, en tanto las vibraciones mascarales (ejes Ox y Oy) corresponden a las curvas azul y roja respectivamente.

También se grafica el módulo del vector aceleración en cada instante (curva rosada de trazo cortado) que permite visualizar la amplitud de la vibración registrada en cada instante, expresada como aceleración.

▪ **Espectrogramas**

Son los gráficos de barras que muestran el nivel de presión sonora, expresado como nivel de presión sonora continuo equivalente en dBZ, obtenido en cada banda de tercio de octava entre 160 Hz y 20.000 Hz, en cada secuencia analizada. Permite identificar cuáles son las frecuencias que presentan mayor contenido de energía total en toda la medición, los moldes vocálicos, el formante del cantante y tonos puros.

Los espectrogramas se obtuvieron, en algunos casos, para cada una de las vocales cantadas en un ejercicio, o para todo el ejercicio completo. En el primer caso quedaron en evidencia los formantes F1 y F2 asociados con cada molde vocálico; en el segundo, sin embargo, se destacaron las frecuencias propias del tracto vocal de cada cantante.

▪ **Sonograma**

Este gráfico forma parte de la salida que ofrece la cámara acústica. A partir de una escala de colores, permite observar la evolución temporal de la intensidad de las frecuencias que poseen una intensidad significativa con respecto a las demás, es decir, las que juegan un papel considerable en la composición de la emisión vocal en cada instante.

Las frecuencias se muestran en el eje vertical, por lo que las formas principales de las líneas en cada gráfico permiten tener una idea intuitiva de lo que ocurre con la entonación de los sonidos a que corresponden. Así, en los sonogramas de Mezza de Voce predominan las líneas horizontales dado que el ejercicio se canta en una única nota musical; en cambio, en las escalas se observa el patrón ascendente y en los “grands vocalises” puede verse cómo la entonación sube y baja con un patrón que se repite cada vez que se reinicia la secuencia.

Cabe señalar que la base de datos con que se cuenta supera ampliamente el número de 180 registros que en teoría se obtuvieron en la segunda jornada de trabajo, ya que se tomaron además otros registros que resultaron de interés para algunos de los participantes y se efectuaron algunas repeticiones; pero además, no debe olvidarse que los gráficos obtenidos del procesamiento de los registros obtenidos en la primera jornada de mediciones también forman parte de la base analizada. Este gráfico forma parte de la salida que ofrece la cámara acústica. A partir de una escala de colores, permite observar la evolución temporal de la intensidad de las diferentes frecuencias que componen la emisión vocal en cada instante.

7 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el análisis acústico de las voces de soprano, barítono, tenor, mezzosoprano y contratenor de este proyecto se observan características físico-acústicas de la voz relacionadas con la adquisición de la técnica vocal. Así es que, con el estudio y el entrenamiento técnico y con conocimientos de la fisiología

vocal se logra comprender los principios acústicos que se deben adoptar para desarrollar la calidad de la resonancia.

Se reprueba para el canto lírico toda modalidad de emisión gritada, disfónica, estrecha, con ataque soplado, sonidos que acústicamente pierden periodicidad y contienen parámetros de ruido.

Antes de comenzar el análisis de los gráficos, parece oportuno hacer una aclaración en relación a lo que de aquí en adelante se referirá como un proceso de “**optimización**” energética en la fonación. El vocablo no está empleado en el sentido matemático de buscar el punto óptimo de un sistema, sino en el que expresa el Diccionario de la RAE: “*Buscar la mejor manera de realizar una actividad.*” En general, las vibraciones se interpretan como energía disipada o no aprovechada, por lo que un mayor nivel de vibración suele hablar de menor eficiencia. Sin embargo, cuando se trabaja con resonadores como en este caso, **el incremento de las vibraciones óseas contribuye a transferir más energía al aire contenido en las cavidades de resonancia** en las frecuencias de esas cavidades y esto, a su vez, **incrementa la intensidad de la emisión vocal** y enriquece su timbre, al excitar un **mayor número de armónicos**. Cuando el máximo de la intensidad de la emisión vocal aparece desfasado (anticipado) del máximo de vibraciones, se considera que el uso de la energía acústica es muy eficiente, ya que la “activación” de los resonadores es previa, preparando las cavidades para lograr una mayor intensidad vocal. Esto no necesariamente implica que cuando ambos máximos coinciden, la energía acústica sea menor.

7.1 EJERCICIO 1: MESSA DI VOCE

Se observa claramente un efecto optimizador de la relación intensidad – vibración en los fuertes. En el piano se toma contacto con los condicionantes propias de la laringe, específicamente por el estrechamiento de los pliegues ariepiglóticos combinado con el descenso de la laringe (reflejo del bostezo) para así generar la primera resonancia (comprendida por el ventrículo laríngeo o de Morgagni y tubo epilaríngeo) característica del canto lírico. Este proceso de reducir la intensidad (bajar el volumen, apianar) puede ser descripto como “recoger” el sonido; por el otro lado en el crescendo se deja expandir el sonido por la columna del aire en su paso por el *tracto vocal* hacia los resonadores secundarios.

Se puede diferenciar entre vibraciones más directas, como las observables a nivel laríngeo (especialmente en el tenor y el contratenor que trabajan con un patrón de vibraciones más elevado por sus características vocales específicas) y otras que son expresiones del traslado de esta energía acústica a los resonadores. La relación espacio-temporal de ambos tipos de vibraciones aporta datos relevantes sobre la arquitectura sonora de los diferentes moldes vocálicos.

Algunas de estas vibraciones pueden ser asociadas con la colocación de la voz, ya que preceden a la envolvente máxima o estar en contrafase con ella.

Otro aspecto no menor (y por cierto muy característico para el canto lírico) es el vibrato de la voz lírica. A diferencia del trino de concierto, el vibrato no implica ninguna actividad específica en la laringe, sino que puede ser interpretado como expresión de la “optimización” del patrón vibratorio de la columna de aire, hecho que quedaría delineado en la expresión de las curvas de nuestros gráficos.

7.1.1 VOZ SOPRANO

Para esta voz, los resultados fueron similares para todas las vocales, lo que se constata tanto en el gráfico de evolución temporal (Figura 7.1.1) como los espectros (Figura 7.1.2) una mayor intensidad en aquellas frecuencias que tienen una correspondencia con el primer grupo de armónicos y la fundamental. Estos son 500 Hz y 1.000 Hz, los cuales se asocian a la nota Do5 (512 Hz), en la cual se realizó el ejercicio.

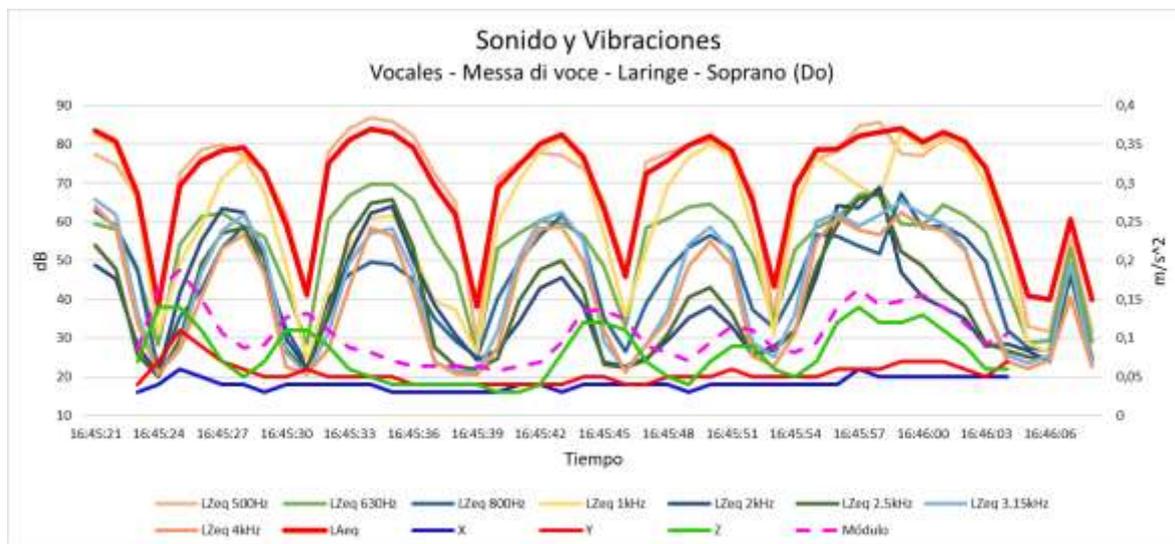


Figura 7.1.1: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Soprano

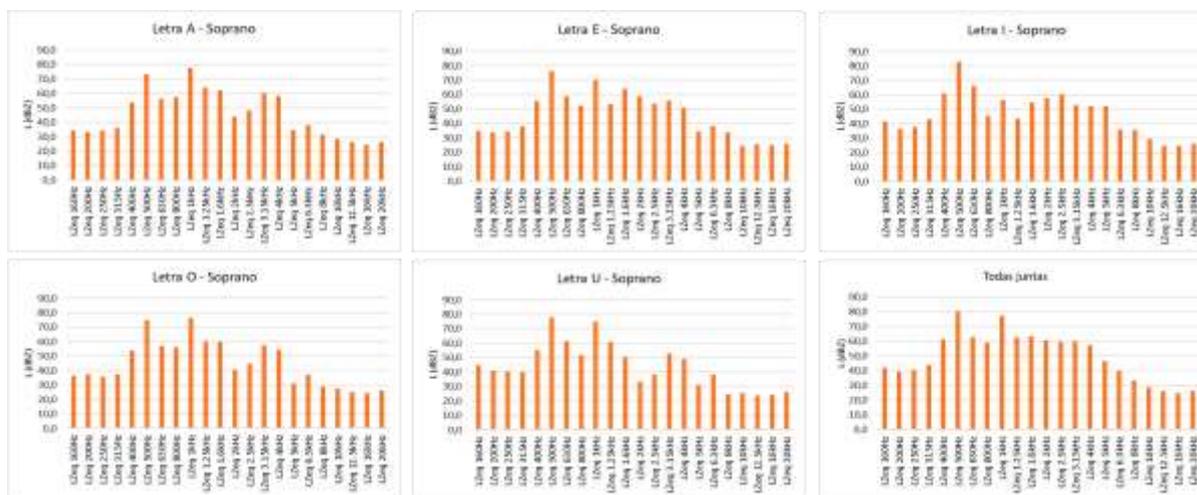


Figura 7.1.2: Composición espectral en BTO. Messa di voce. Cantante: Soprano.

Este recurso se genera con la apertura de la boca, el descenso de la mandíbula y con componentes de espacio internos. Es empleado por las cantantes líricas, al aumentar el descenso de la mandíbula para ajustar F1 con F0. Esto se denomina *sintonía del formante* o *formant tuning* (Sundberg 1974), y ha sido investigado también por Garnier et al. (2010).

Las sopranos de formación clásica hacen uso de esta técnica de *sintonización* de la resonancia para intensificar las vibraciones de las cuerdas vocales y aumentar la intensidad de la voz. Ubicado entre la laringe y la boca, el tracto vocal tiene frecuencias de resonancia propias, que proporcionan una transferencia efectiva de energía acústica desde las cuerdas vocales vibrando, al aire circundante. Los

armónicos que están situados en o cerca de estas frecuencias de resonancia se refuerzan de este modo.

Cada vez que se realizan cambios en la forma del tracto, se modifican los valores formánticos. La sintonía del formante, consiste en realizar una regulación de los formantes del tracto vocal al hacer subir el valor del primer formante para que éste coincida con la frecuencia emitida F_0 . A través de una estrategia resonancial que consiste en acortar el tracto vocal, subir la laringe y retraer los labios, la cantante consigue que suban todos los valores de los formantes, especialmente F_1 para que este coincida con el primer armónico, asegurando una voz con mayor sonoridad sin sobreesfuerzo muscular.

Para evaluar un buen aprendizaje, en las voces femeninas se observará la ampliación de la apertura mandibular para lograr la superposición de fundamental y primer formante como se describió anteriormente; esto le hará ganar mucha intensidad. En el hombre, en cambio, hay que observar el nivel del formante del cantante: cuanto mayor sea, mejor será la impostación, más armónicos estarán presentes.

En la soprano, los ajustes del tracto vocal se van incrementando a medida que se va a los tonos agudos, sobre todo al comienzo de la 2ª octava y van modificando siempre más las vocales. En valores altos de F_0 , en el registro agudo, todas las vocales se acercan a la misma área, afectando a la inteligibilidad. La técnica trabaja en una sutil y compleja coordinación para habilitar las justas dimensiones de los resonadores a través de la modificación vocálica.

En el último sector de los gráficos de evolución temporal de niveles sonoros durante la Mezza di Voce (Figura 7.1.1 para la soprano, pero también Figura 7.1.4, Figura 7.1.7 y Figura 7.1.11 para las demás voces), que corresponde a la homogeneización vocálica, se observa que el espectro del fonema [i] tiene una composición frecuencial diferente a la que se aprecia en el momento en que se canta ese mismo fonema por separado (tercer máximo de los gráficos mencionados). Esto se debe a que, cuando se tiene las cinco vocales ligadas, para mantener la homogeneidad de las mismas, característica del canto lírico, se debe transitar de una vocal a otra en sutiles y mínimos movimientos de la lengua. Como ya se tienen las cavidades "armadas" porque previamente se han cantado otras "vocales impuras", al llegar a la [i], ésta tendrá componentes de las anteriores. En cambio, en el ataque directo de la [i] para realizar la mezza di voce, no se traen componentes de vocales impuras anteriores. Por ello, cuanto más alto es el valor de F_0 , se pierde en inteligibilidad para poder mantener la homogeneidad tímbrica. De ahí que la pérdida de inteligibilidad afecta a las voces femeninas más agudas y en especial a la de soprano, ya que, a partir de los 1.000 Hz, se pierde información acústica para identificar cuál es la vocal cantada.

No es habitual encontrar el formante del cantante en registros agudos de voz, como las sopranos, ya que por cantar con una F_0 alta, los armónicos están extensamente espaciados en el espectro y el grupo de F_3 , F_4 y F_5 , es bastante estrecho en frecuencia. Sin embargo, en las vocales [a], [o], [u] cantadas por la soprano, se aprecia, tanto en el sonograma (Figura 7.1.3) como en los espectros de frecuencias asociados a cada vocal (Figura 7.1.2), una alta intensidad en las frecuencias 3.150 Hz y 4.000 Hz, que podría corresponder al Formante del Cantante.

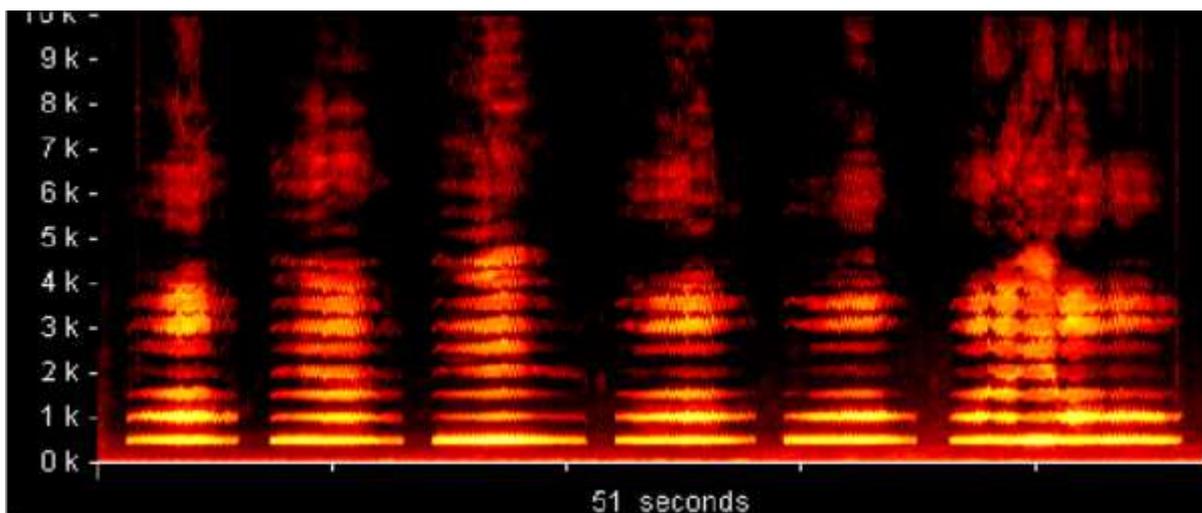


Figura 7.1.3: Sonograma. Misa di voce. Cantante: Soprano.

7.1.2 VOZ BARÍTONO

Para el barítono y la soprano, se ve claramente el fenómeno de “optimización” o mejora de la eficiencia al cantar. En la técnica vocal de estos cantantes, las máximas vibraciones no coinciden con la máxima emisión vocal, de modo de preparar las cavidades resonantes previo al instante en que se necesita el máximo rendimiento de la voz. En las Figuras Figura 7.1.1 y Figura 7.1.4, los máximos de la vibración se encuentran desfasados con los de la intensidad.

En la homogeneización vocálica, nuevamente puede apreciarse la modificación en la composición frecuencial de la [i] cuando es atacada en forma aislada o dentro del legato. En las voces más graves, esto no conlleva pérdida de inteligibilidad alguna.

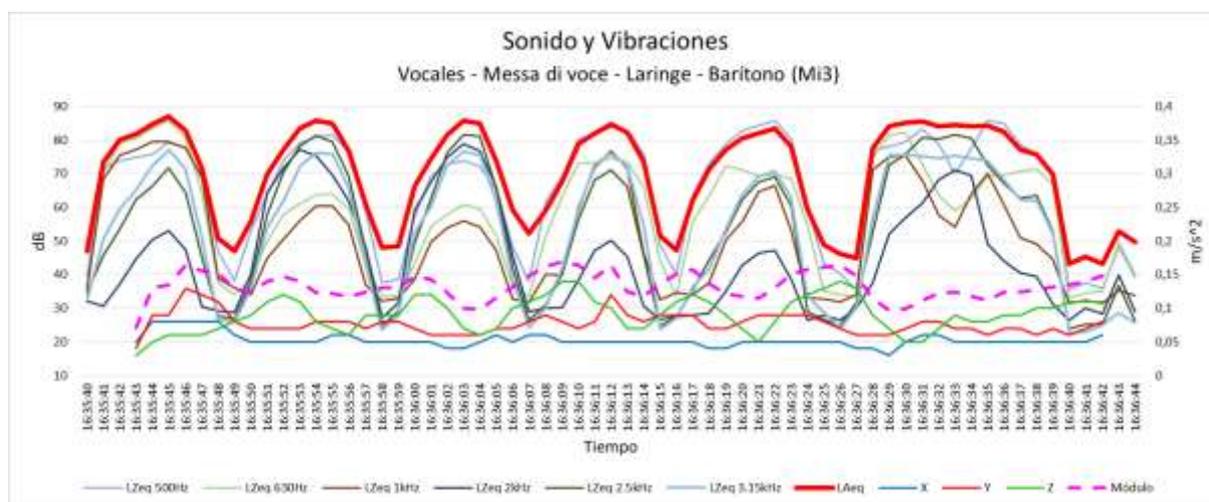


Figura 7.1.4: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Barítono.

A partir de los gráficos de espectros del barítono (Figura 7.1.5), se identifican los formantes F1 y F2 asociados a los moldes vocálicos, los que determinan el timbre y permiten distinguir de qué vocal se trata. Para la letra [a] los formantes corresponden a 630 Hz y 1.000 Hz; para los fonemas [e], [i], [u], 315 Hz y 500 Hz; para la [o], 500 Hz y 800 Hz.

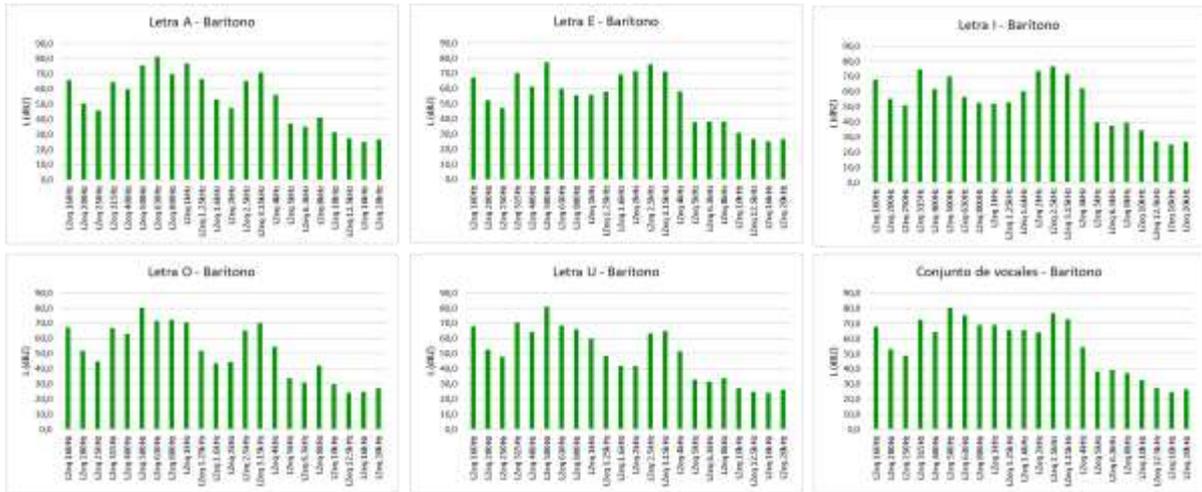


Figura 7.1.5: Composición espectral en BTO. Mesa di voce. Cantante: Barítono.

Por otro lado, se observa una concentración de energía en todos los espectros de vocales del barítono, precisamente en las frecuencias 2.500 Hz y 3.150 Hz. Se asocia a los formantes F3, F4 y F5, grupo que constituye el Formante del Cantante. Se puede visualizar fácilmente el aumento de la intensidad en el sonograma de la Figura 7.1.6, para el rango de frecuencias entre 2.500 Hz y 4.000 Hz. Este resultado es de esperar, por ser característico de las voces masculinas, en las cuales se da un fenómeno que resulta de las características del tracto vocal, donde el tubo laríngeo actúa como resonador con frecuencia de resonancia cercana a los 3.000 Hz.

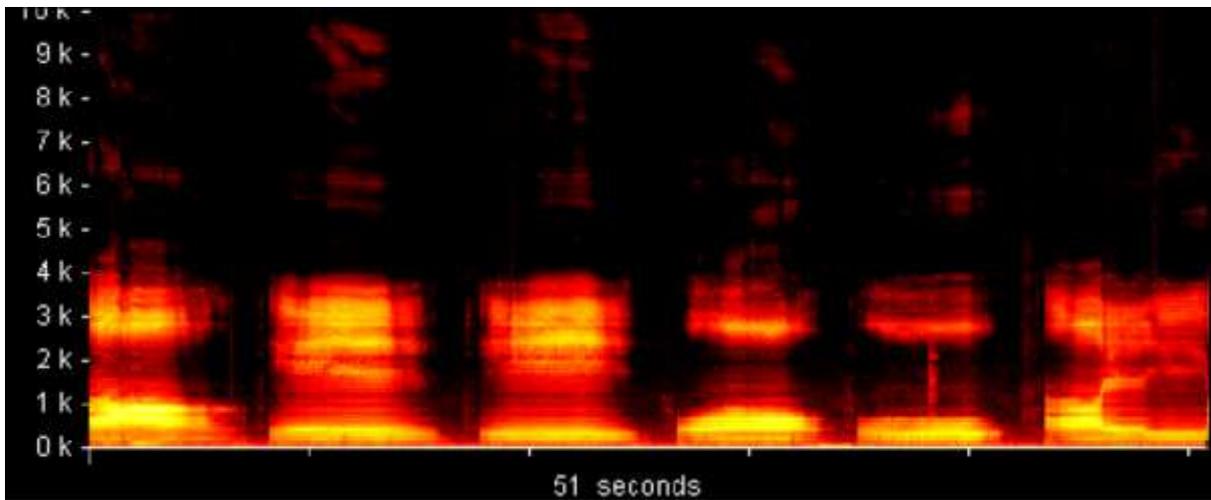


Figura 7.1.6: Sonograma. Mesa di voce. Cantante: barítono

En el barítono, cuando las frecuencias de los formantes F2 y F3 son próximas entre sí, los niveles de éstos se elevan. Esto se puede observar en el espectro de la letra [i], donde la energía asociada a las frecuencias del formante del cantante es mayor, lo que se asume como un nivel más alto. Por otro lado, para la letra [u] ocurre lo contrario.

En los espectros de este cantante y en todas las vocales cantadas (Figura 7.1.5) existe una pequeña elevación en la frecuencia correspondiente a los 8.000 Hz. Esta frecuencia caracteriza colores de voces que poseen un timbre particularmente brillante.

7.1.3 VOZ TENOR

En el caso del tenor, se observa en el gráfico de evolución temporal (Figura 7.1.7) que la vibración acompaña a la intensidad, lo que puede indicar una calidad vocálica más abierta. Para las primeras dos vocales, [a] y [e], correspondientes a los primeros dos picos del gráfico de frecuencias, no coinciden el máximo de la vibración con el máximo emitido, lo que sí sucede en las tres últimas vocales, [i], [o], [u]. Nótese la modificación espectral de la vocal [i] en la homogeneización vocálica, tal como se ha descrito en los casos anteriores.

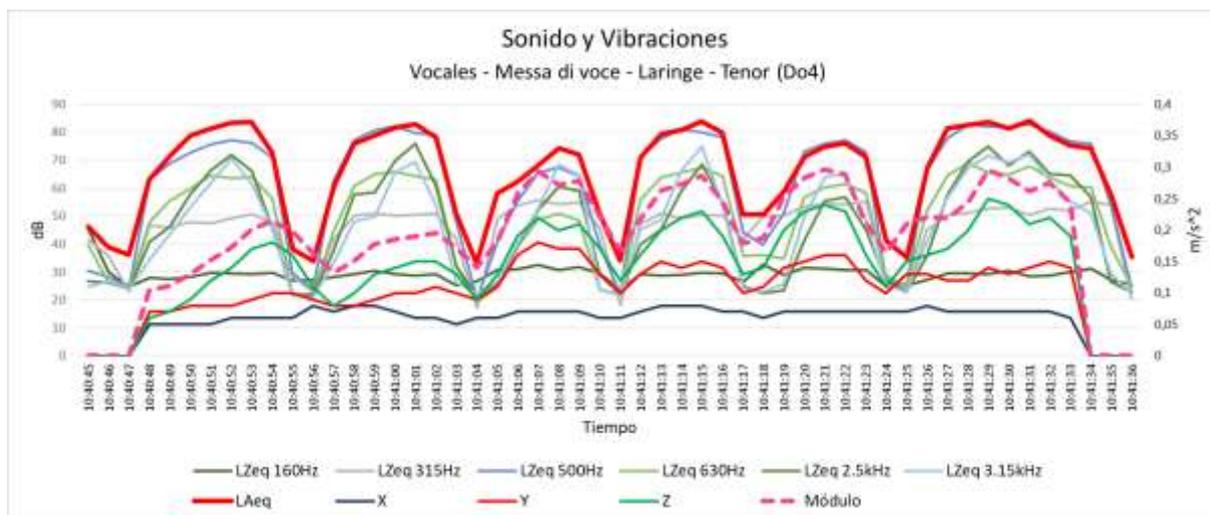


Figura 7.1.7: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laríngeo. Cantante: Tenor.

El comportamiento de la vibración en la laringe para el tenor es distinto al del punto de Mauran (Figura 7.1.8). En éste se observa que la vibración y la intensidad sí se encuentran en contrafase, lo que podría indicar que este cantante no utiliza la laringe como resonador como lo hacen los otros cantantes.

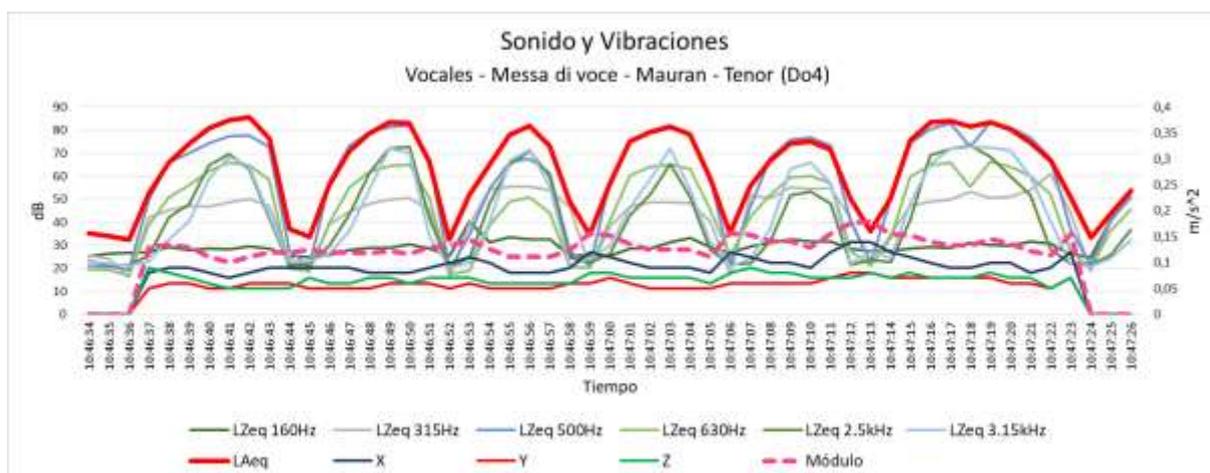


Figura 7.1.8: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Mauran. Cantante: Tenor.

A partir de los gráficos de espectros del tenor (Figura 7.1.9), se identifican los armónicos F1 y F2, asociados a los moldes vocálicos. Para la letra [a] los formantes corresponden a 400 Hz y 800 Hz. Las restantes vocales se encuentran en los 250 Hz y 500 Hz.

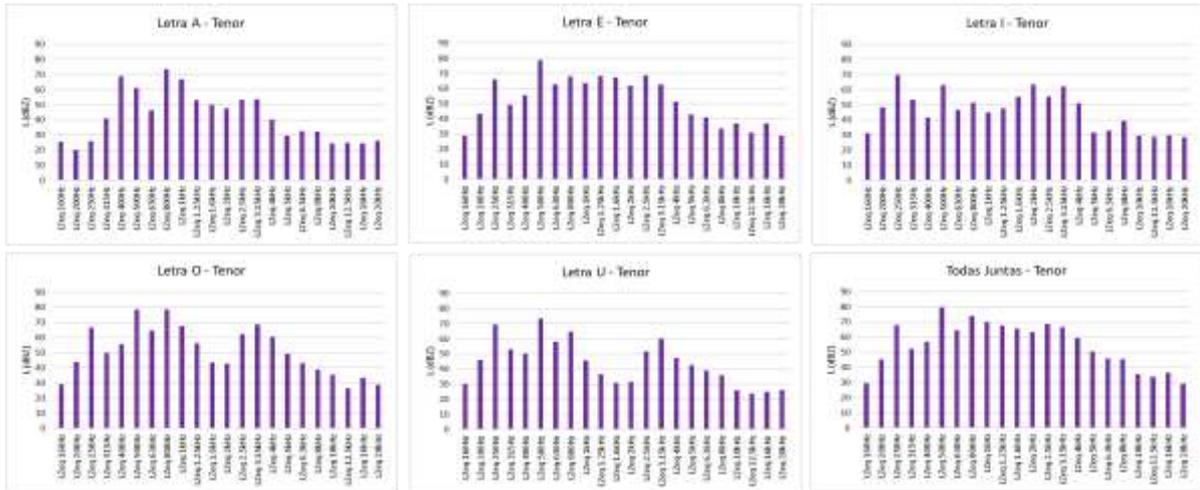


Figura 7.1.9: Composición espectral en BTO. Messa di voce. Cantante: Tenor.

Además, en todas las vocales y principalmente en la [o] y la [u], se observa un mayor nivel de presión sonora en las frecuencias de 2.500 Hz y 3.000 Hz, asociadas al formante del cantante. En el sonograma de la Figura 7.1.10 se ve una apreciable diferencia de esas dos vocales con el resto: en ellas se separa claramente lo que corresponde a los formantes asociados a los moldes vocálicos por un lado, y por otro lado los del formante del cantante.

Al igual que en el barítono, la frecuencia de 8.000 Hz se eleva, pero sólo en las vocales [a], [i].

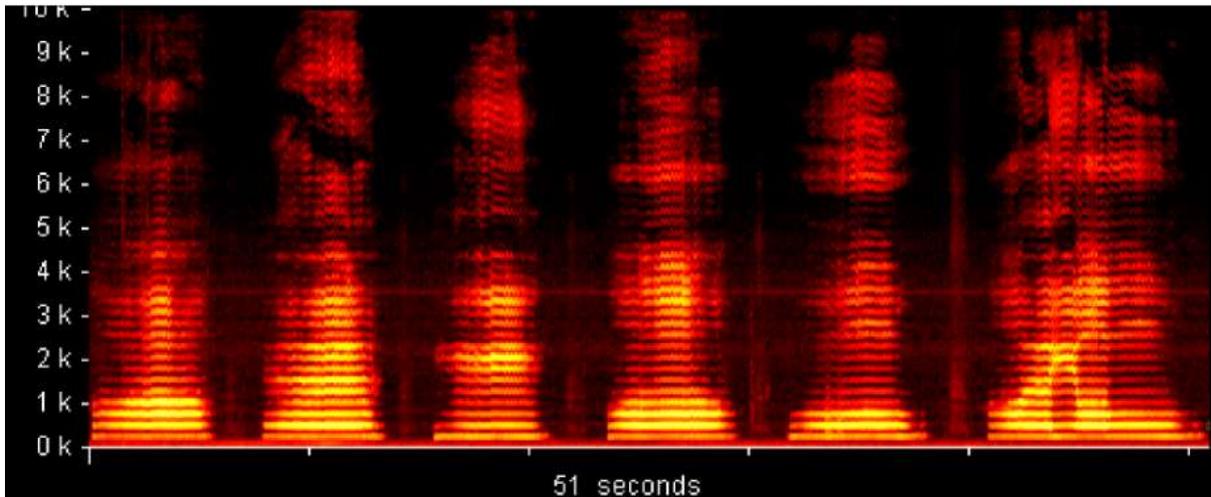


Figura 7.1.10: Sonograma. Messa di voce. Cantante: tenor.

7.1.4 VOZ MEZZOSOPRANO

En los gráficos de la evolución de niveles sonoros para la mezzosoprano (Figura 7.1.11) se observa que la vibración no está completamente en fase con la intensidad. Es importante aclarar que la vibración de los primeros siete segundos no es debido al canto, sino a un posible movimiento del acelerómetro. Lo mismo sucede en el pico que aparece en el segundo 34', en donde la cantante retrasó el inicio del canto en la homogeneización. A pesar de esto, se puede observar que los máximos de la vibración no coinciden exactamente con los máximos de la intensidad, lo que puede identificarse como un proceso de "optimización" en el sentido que se mencionó al inicio de este capítulo.

En el caso de la Figura 7.1.11, las modificaciones frecuenciales en la emisión de la vocal [i] en la homogeneización vocálica, son menos acusadas en la mayor parte de los parciales de lo que resultan en la repetición del mismo ejercicio que se muestra en la Figura 7.1.12. Aunque auditivamente el oyente no perciba modificaciones tímbricas, esto da cuenta de la precisión y sutileza requeridas para lograrlo.

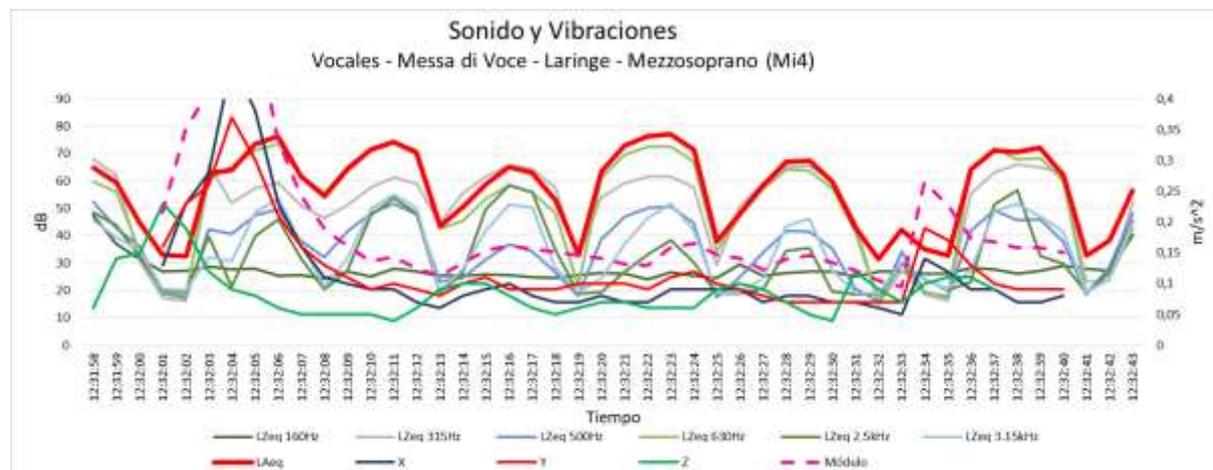


Figura 7.1.11: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laríngeo. Cantante: Mezzosoprano

Se observa un aumento de la vibración en el entrecejo (Figura 7.1.12). Además, en este punto los picos de la intensidad están en contrafase con los de la vibración, principalmente al entrar en la vocal [i].

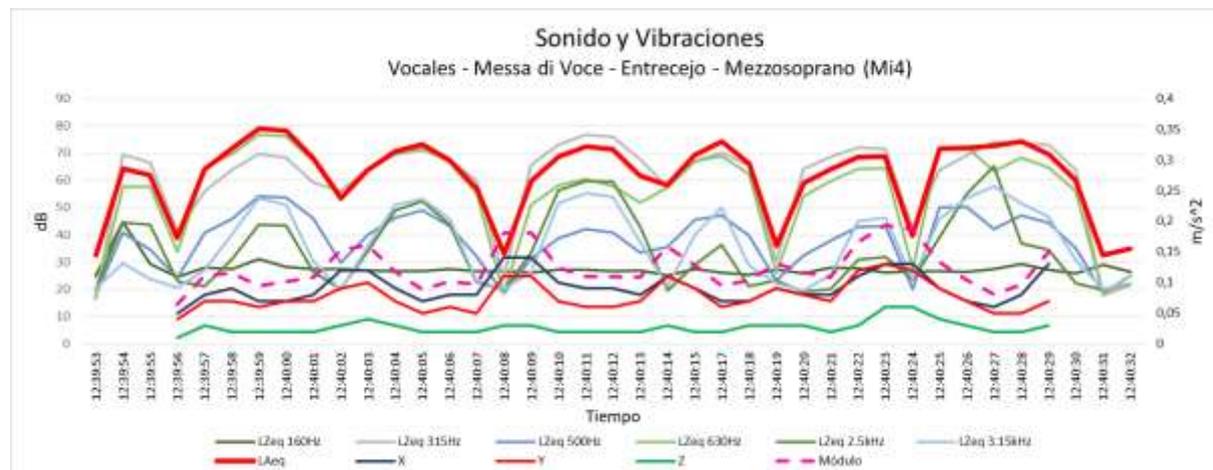


Figura 7.1.12: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Entrecejo. Cantante: Mezzosoprano

En los espectros de la mezzosoprano (Figura 7.1.13) se identifican los moldes vocálicos. En todas las vocales se da en 315 Hz y 630 Hz. Esto puede sugerir, además de un fenómeno de homogeneización vocálica, una primacía de las frecuencias propias del tracto vocal de la cantante por sobre los formantes de las vocales emitidas, posiblemente asociada con la moderada intensidad que alcanza la voz en el “forte”, así como con el hecho de estar entonando una nota muy cómoda en relación a su tesitura. Se observa además en las vocales [a], [o], [u] una mayor intensidad en las frecuencias 3.150 Hz y 4.000 Hz, identificadas con el formante del cantante. Se aprecia de forma clara en el sonograma de la Figura 7.1.14 para las vocales [o], [u], con mayor intensidad entre los 3.000 Hz y los 5.000 Hz.

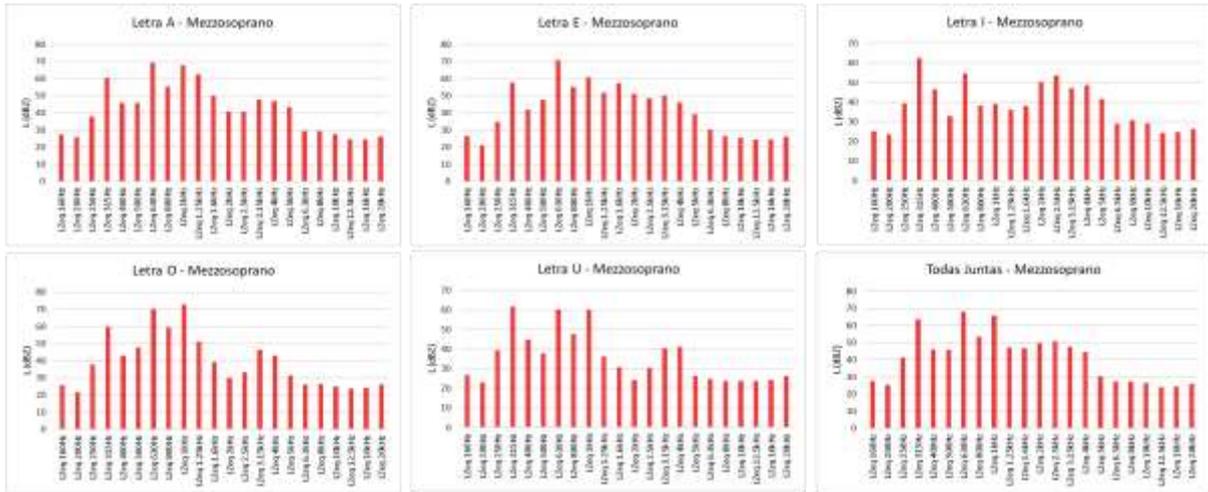


Figura 7.1.13: Composición espectral en BTO. Mesa di voce. Cantante: Mezzosoprano.

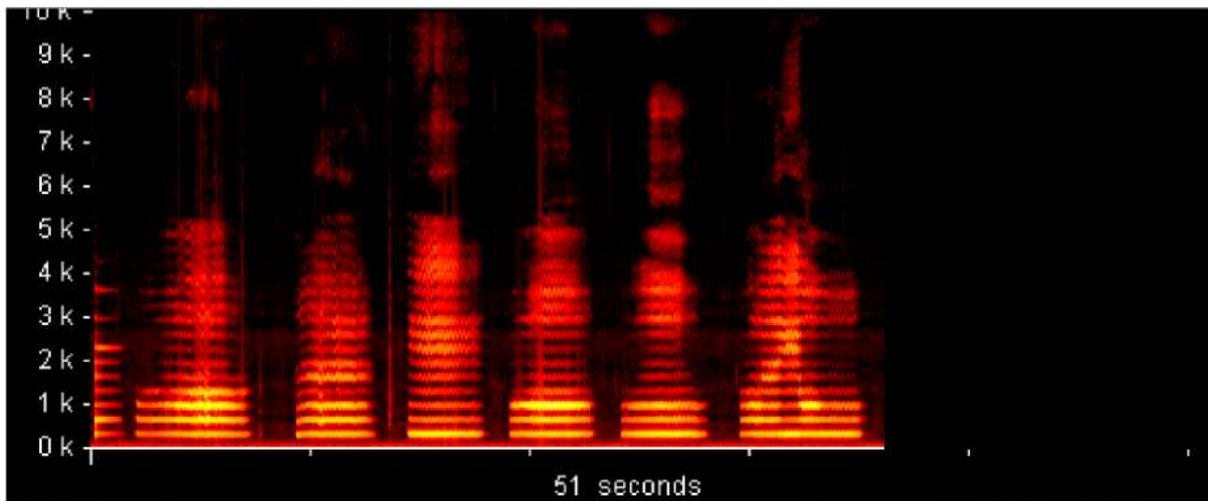


Figura 7.1.14: Sonograma. Mesa di voce. Cantante: mezzosoprano.

7.1.5 VOZ CONTRATENOR

En el caso del contratenor (Figura 7.1.15), se observa notoriamente que los picos de vibración se encuentran previo a los máximos de intensidad. Se ve claramente en las vocales [e], [o] y antes de la homogenización que corresponde al último pico (donde se cantaban todas las vocales de corrido). Para este cantante y en este ejercicio, la “optimización” a la hora de la emisión vocal es clara.

Además, en los espectros del contratenor (Figura 7.1.16), las frecuencias 2.500 Hz y 3.150 Hz tienen niveles elevados de energía en todas las vocales. Se identifica así el formante del cantante.

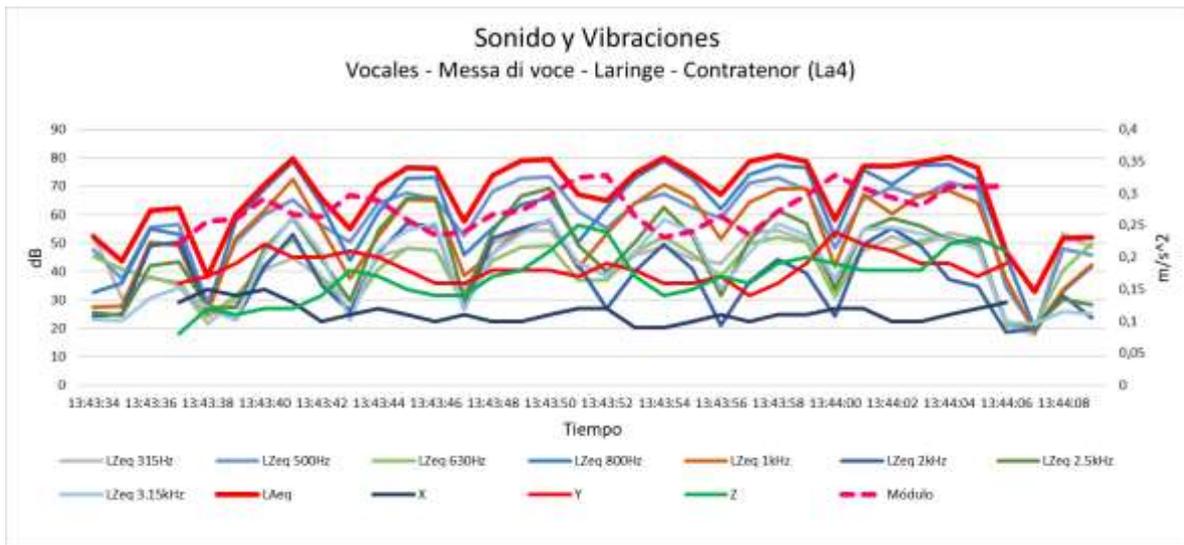


Figura 7.1.15: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Contratenor.

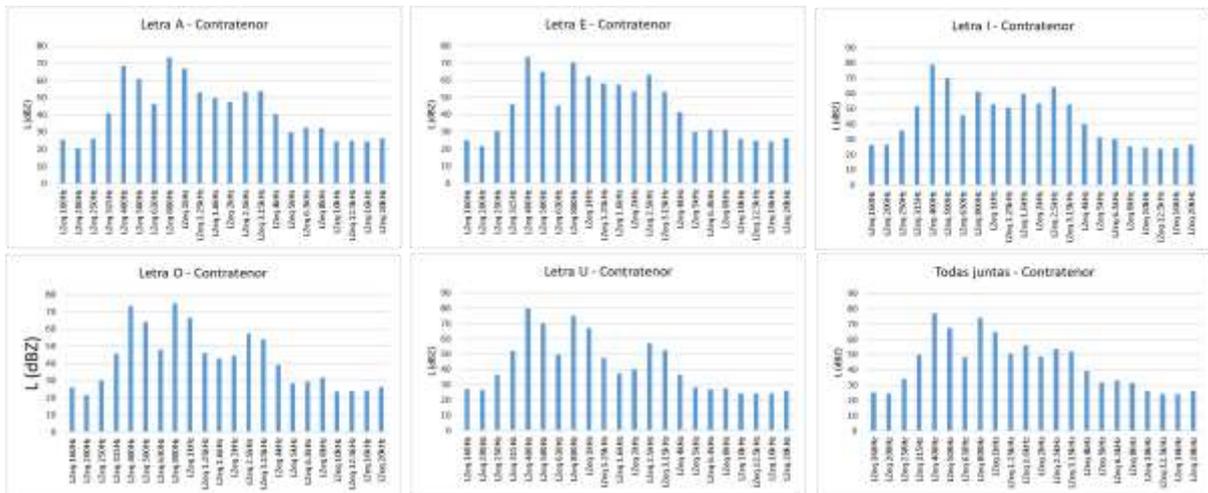


Figura 7.1.16: Composición espectral en BTO. Messa di voce. Cantante: Contratenor.

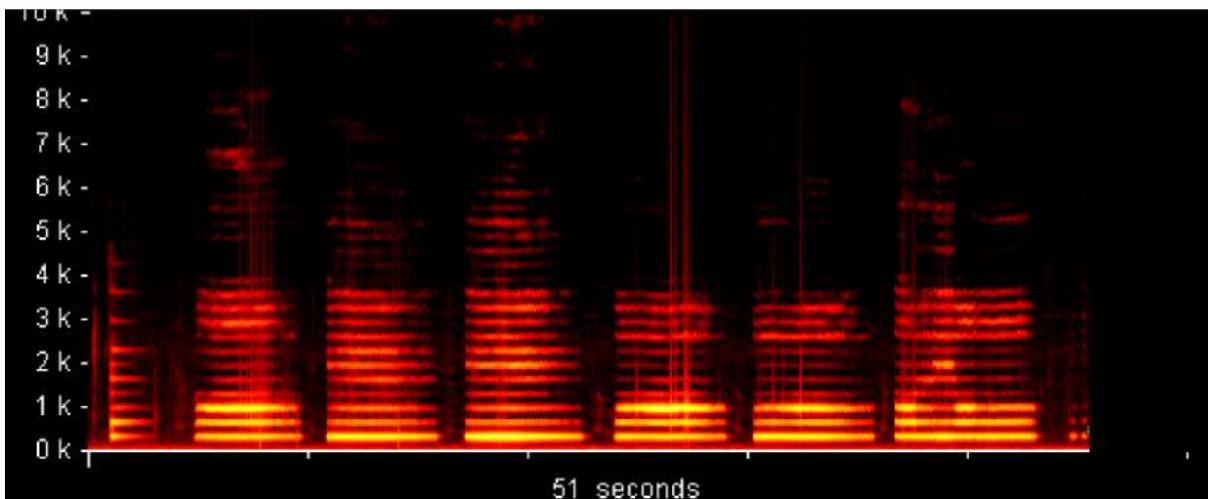


Figura 7.1.17: Sonograma. Messa di voce. Cantante: contratenor.

7.1.6 COMENTARIOS ADICIONALES

Para todos los cantantes, en los gráficos de evolución temporal se observa que, para algunas frecuencias, como 800 Hz y 1.000 Hz, la intensidad disminuye cuando se alcanza la vocal [i]. El L_{Aeq} no se ve afectado ya que sucede lo contrario para las frecuencias 2.000 Hz y 2.500 Hz. Es posible que esto tenga que ver con las características del molde vocálico asociado a este fonema.

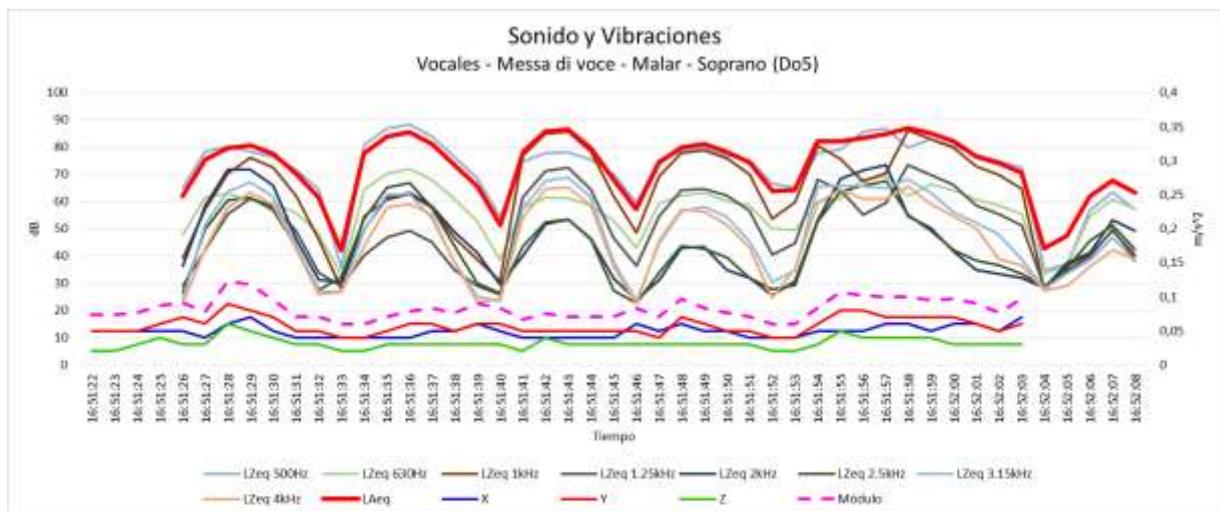


Figura 7.1.18: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Malar. Cantante: Soprano.

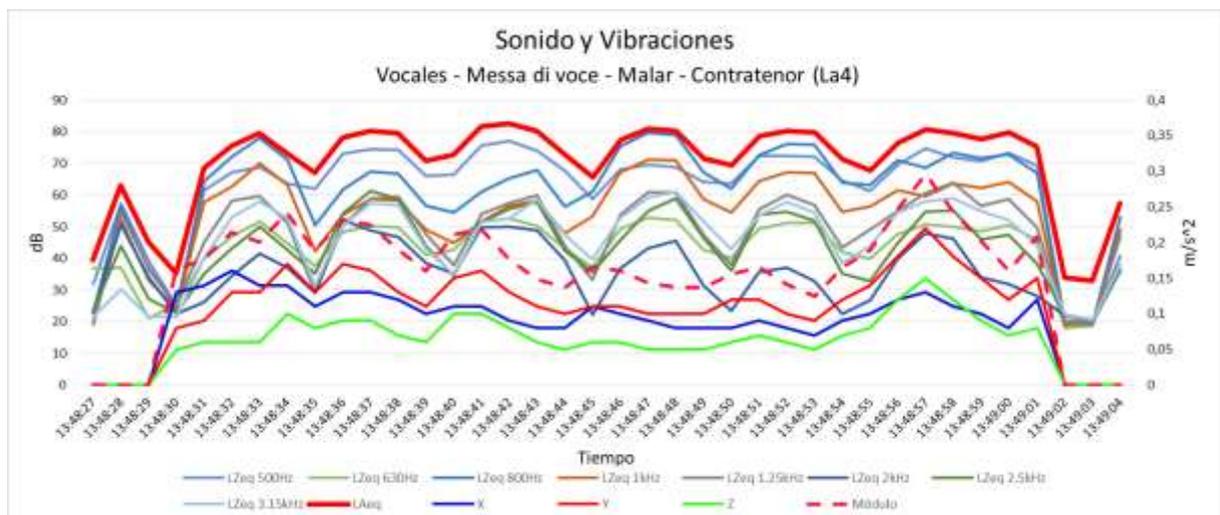


Figura 7.1.19: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Malar. Cantante: Contratenor.

En los cantantes de voces más agudas como la soprano y el contratenor, se observa un aumento de vibración en el punto Malar, en comparación con otros puntos. Esto no sucede para el barítono (Figura 7.1.20).

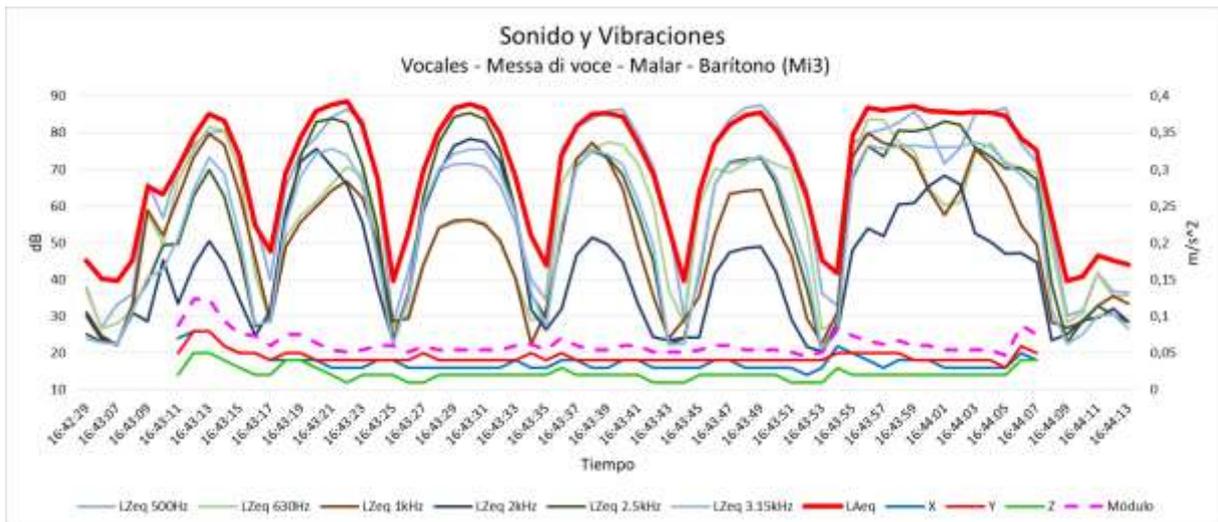


Figura 7.1.20: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Malar. Cantante: Baritono.

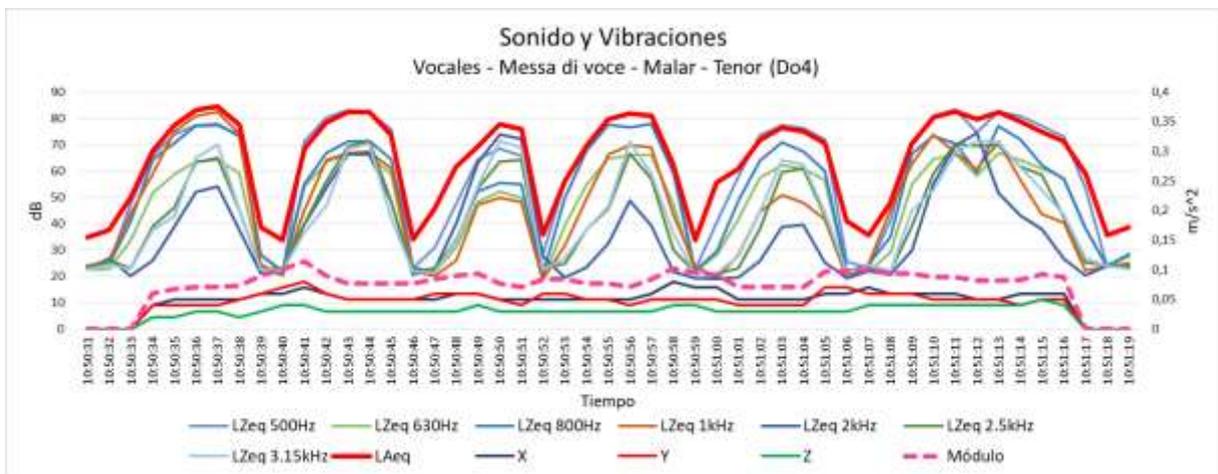


Figura 7.1.21: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Malar. Cantante: Tenor.

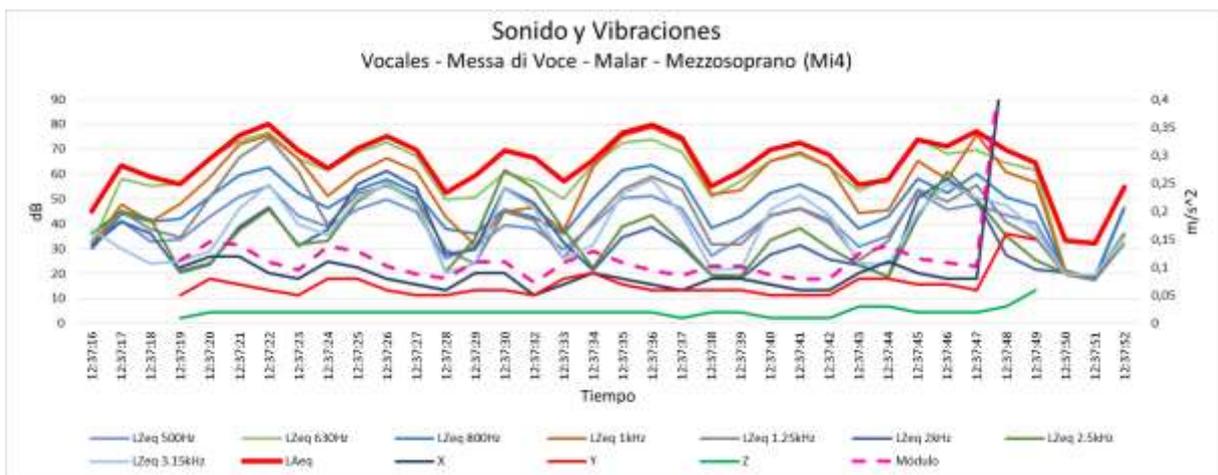


Figura 7.1.22: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Malar. Cantante: Mezzosoprano.

7.2 EJERCICIO 2: STACCATO - LEGATO

En lo relativo al Formante del Cantante en los diferentes moldes vocálicos articulados en *Staccato* y *Legato* en un ámbito de quinta dentro del centro del registro, resaltan dos especificaciones: su presencia aumenta de sobremanera en la calidad del legato, lo cual se podría vincular con que el tracto vocal en el staccato no presenta la misma configuración; además, la actividad costodiafragmática necesaria para la emisión de staccato difiere de la del legato (en relación al movimiento diafragmático, presión subglótica generada en consecuencia, etc.). En el momento de la emisión la forma de expulsión del aire evoca el reflejo de risa en el staccato y el reflejo de bostezo en el legato, mostrando así una diferencia más entre las dos articulaciones.

Por otro lado, en los moldes vocálicos linguales, o sea [i, l, e, E] no se distinguirían con tanta facilidad estas frecuencias, por estar excitadas también las bandas anteriores, hecho que no ocurre en [a, o, u]. Es un claro ejemplo como todos los cantantes están confrontados con las mismas realidades fonoacústicas, por más que las puedan interpretar e integrar en su técnica vocal de diferentes formas. Se puede intuir alguna preferencia personal como el molde de [e] en el tenor, por ejemplo.

7.2.1 VOZ SOPRANO

Al comparar los espectros de este ejercicio con el anterior, se observa que los formantes característicos de cada una de las vocales no son los mismos. Esto puede deberse a que, en el caso de la voz Soprano, la *Messa di voce* se arma con más cobertura, mientras que, en el *Staccato*, la laringe sube de posición cambiando la longitud del tracto vocal, por ende, las frecuencias emitidas también cambian. La voz que se logra en este segundo caso es más clara e inteligible.

Además, se observa que la envolvente de los espectros de este ejercicio es más continua que las del ejercicio anterior, en las que había mayor presencia de tonos puros.

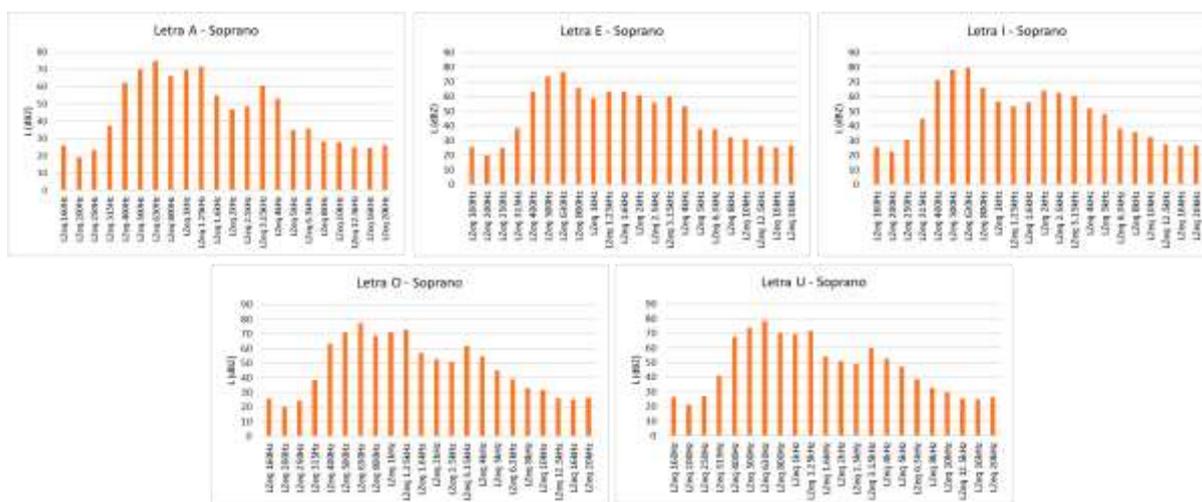


Figura 7.2.1: Composición espectral en BTO. Staccato + Legato. Cantante: Soprano.

Cabe destacar que este ejercicio, si bien se cantan vocales, incluye dos articulaciones diferentes al cantarlas: por un lado, *Staccato* y por otro, *Legato*, con entonación que en ambos casos varía en el tiempo, a diferencia de la *Mezza di Voce* en la cual se mantiene una nota constante durante todo el ejercicio. La intensidad con que se canta cada uno de los ejercicios también es diferente; en este ejercicio, es mayor.

Por otro lado, al analizar la evolución temporal de los niveles sonoros y las vibraciones de la voz soprano en la laringe, Figura 7.2.2, se observa que para esta cantante en este ejercicio, el máximo de las vibraciones se da en los mínimos de intensidad sonora para los fonemas [a], [e], [i], es decir en contrafase, mientras que en los fonemas [o], [u] las vibraciones se encuentran en fase con la intensidad; lo mismo sucede para el punto de Mauran (Figura 7.2.4) y para el Malar (Figura 7.2.5). En este último, se observa un aumento importante de vibración en la entrada del Legato de la letra [i].

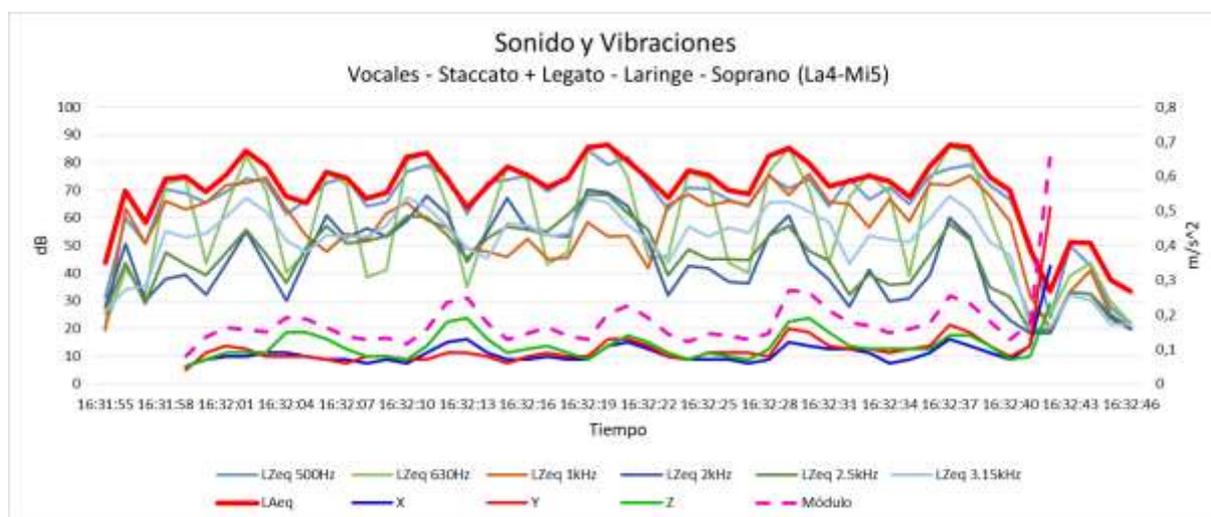


Figura 7.2.2: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Soprano.

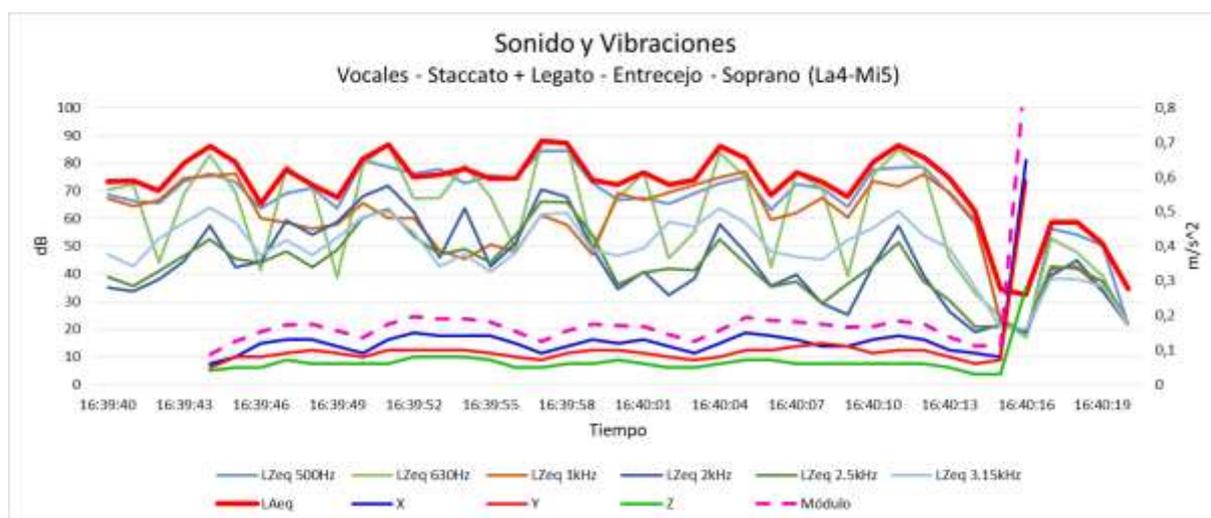


Figura 7.2.3: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Entrecejo. Cantante: Soprano.

Los puntos de vibración en los que no se observan vibraciones, es decir, que no responden a la emisión vocal, son esternón, occipital y mastoides, tres puntos que no se ubican en la zona mascaral.

También se observa que en las voces agudas (Soprano, Mezzosoprano y Contratenor), hay una baja componente energética en bajas frecuencias a diferencia de las voces graves (Barítono y Tenor).

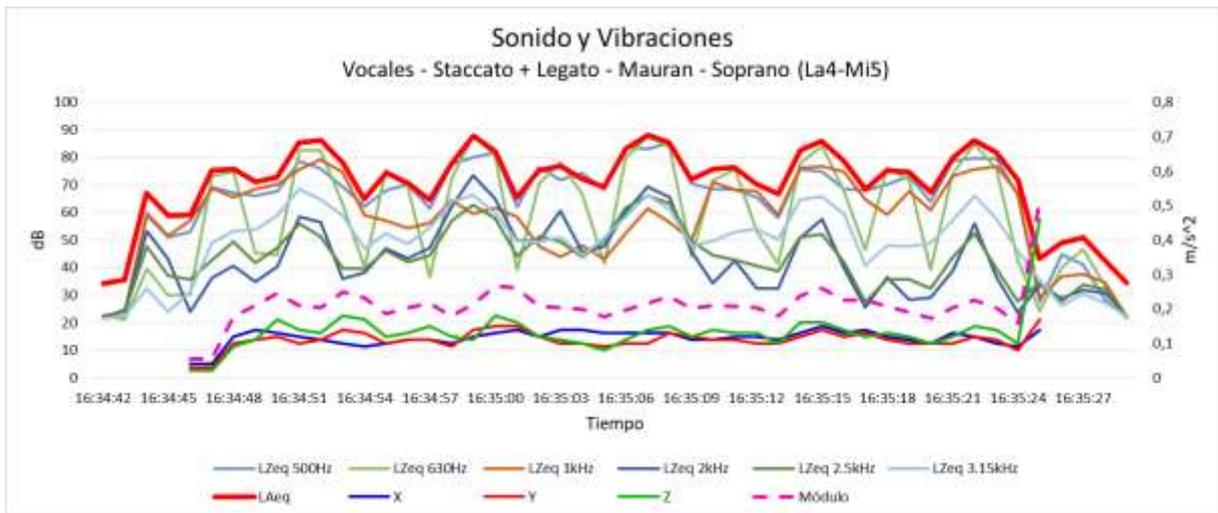


Figura 7.2.4: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Mauran. Cantante: Soprano.

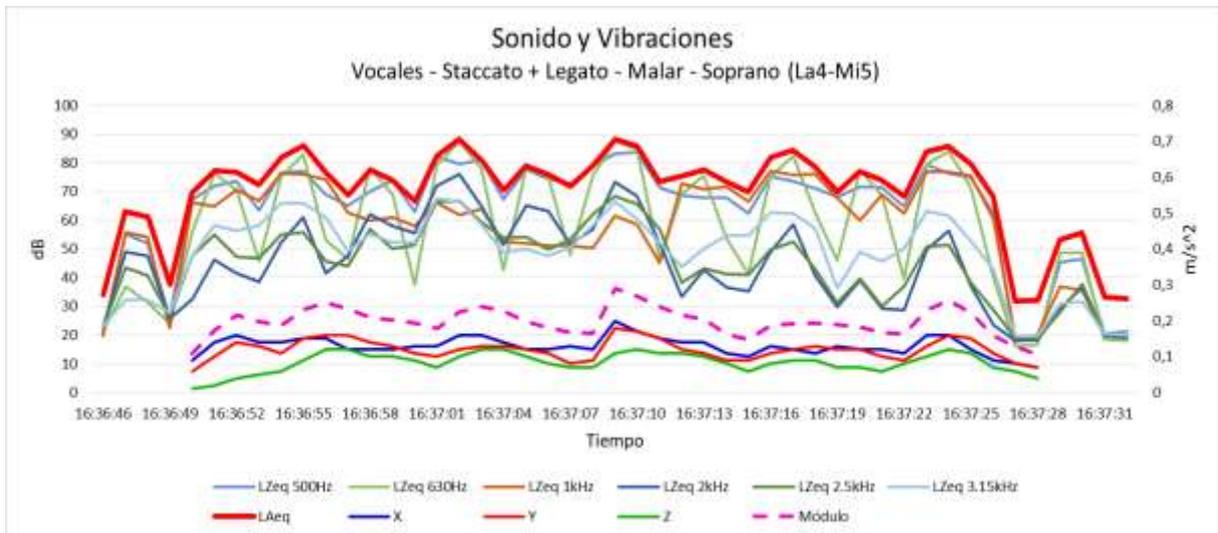


Figura 7.2.5: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Malar. Cantante: Soprano.

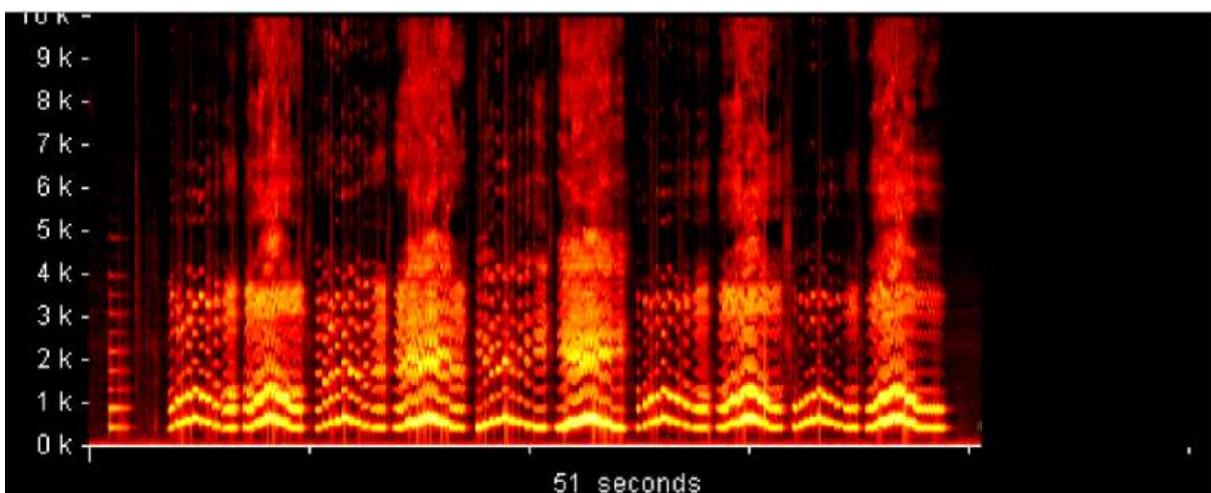


Figura 7.2.6: Sonograma. Staccato + Legato. Cantante: Soprano

7.2.2 VOZ BARÍTONO

Para el barítono (Figura 7.2.7), se aprecia cómo las frecuencias 160 Hz y 315 Hz viajan juntas, ya que esta última es un armónico de la primera, a diferencia del tenor, en que la frecuencia 3.150 Hz es armónico de 315 Hz pero no parece actuar como armónico de 160 Hz sino como frecuencia fundamental F0. La frecuencia de 160 Hz, baja, es característica de las voces graves; en las voces agudas su energía es prácticamente nula.

En la Figura 7.2.7, el comportamiento vibracional en los ejes Y y Z se encuentra en contrafase. Durante el Staccato, el eje Y es el que registra mayor vibración (de acuerdo a la ubicación del sensor corresponde a la dirección horizontal) mientras que en el Legato es el eje Z (corresponde a la dirección vertical). Esto coincide con la propiocepción del cantante (barítono). Esto es diferente en el caso de la Figura 7.2.2, voz soprano, en que los tres ejes de vibraciones siguen el mismo comportamiento, aumentando su módulo en el Legato.

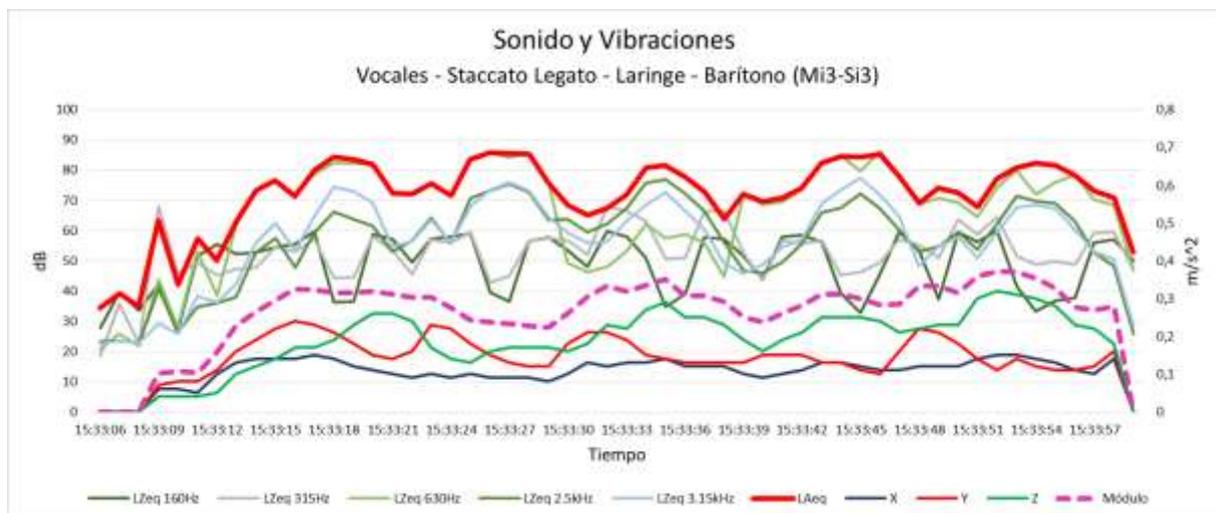


Figura 7.2.7: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laríngeo. Cantante: Barítono.

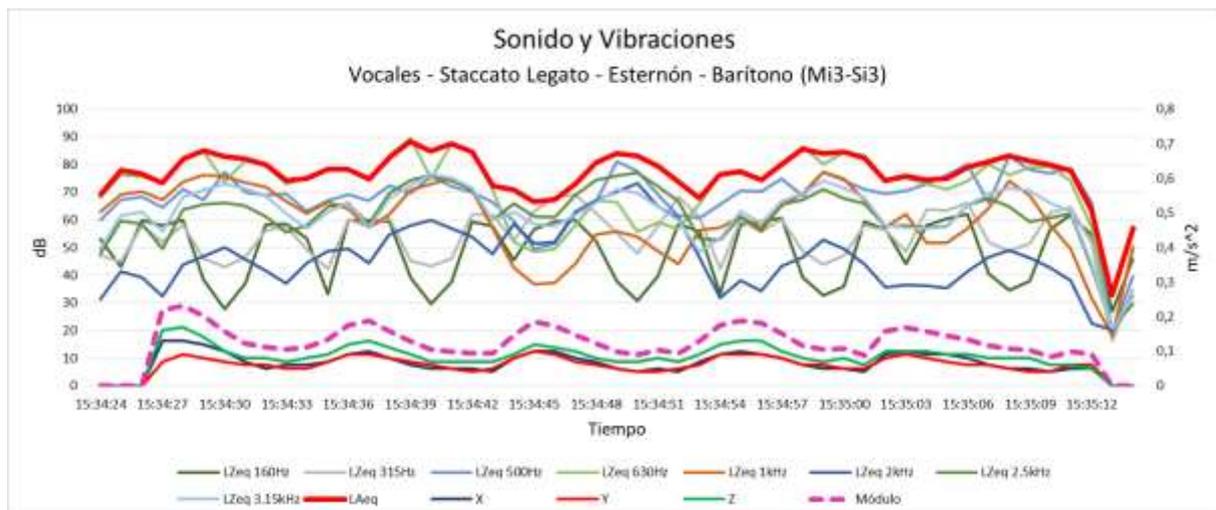


Figura 7.2.8: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Esternón. Cantante: Barítono.

En la Figura 7.2.8, es notorio el aumento de vibración en los tres ejes para el Staccato.

Se compara la Figura 7.2.9, correspondiente al punto de vibración de la ceja del barítono con Figura 7.2.10 (nariz) y Figura 7.2.11 (entrecejo). Se observa que las vibraciones en la ceja tienen mayores diferencias en los tres ejes de medición que las medidas en la nariz, punto en el cual la vibración es prácticamente igual en los tres ejes. Es esperable que la vibración sea mayor en ese punto, ya que la zona de la ceja es el límite entre las vibraciones que se dan en el seno frontal (cavidad de resonancia accesoria) y el hueso frontal del cráneo (transmite vibración desde el seno frontal hacia las estructuras óseas aledañas).

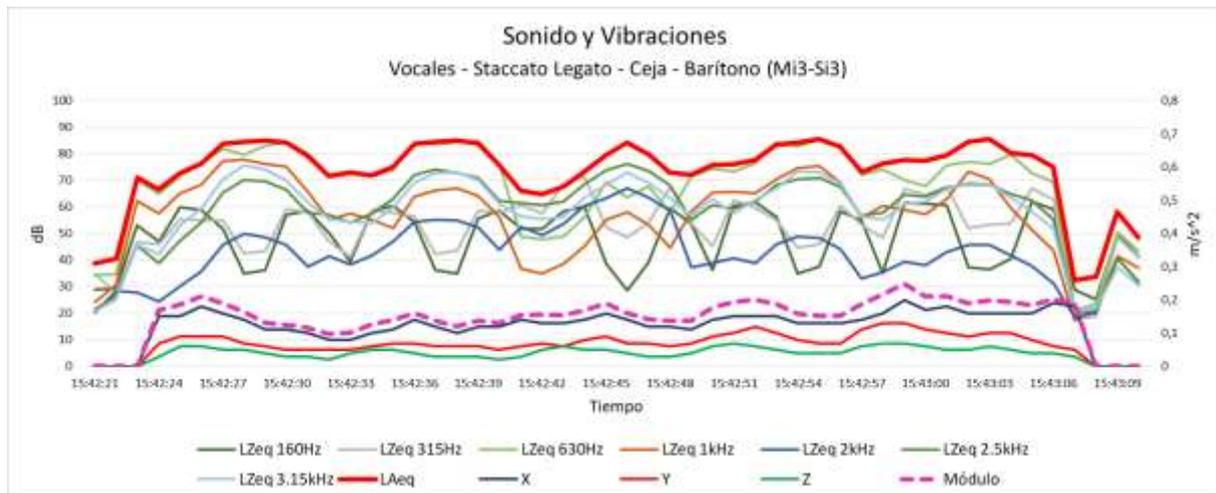


Figura 7.2.9: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Ceja. Cantante: Barítono.

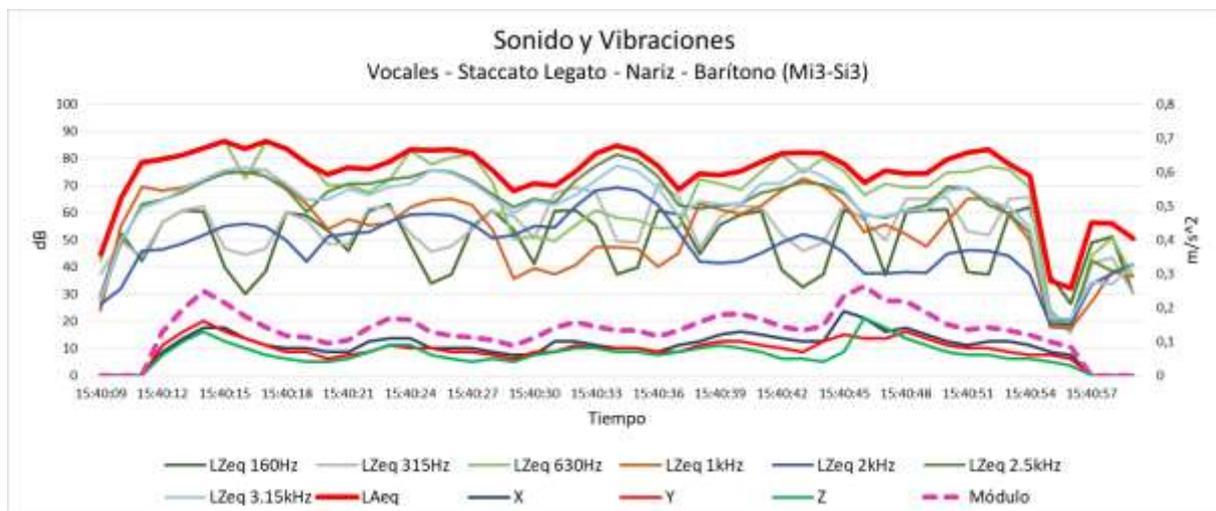


Figura 7.2.10: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Nariz. Cantante: Barítono.

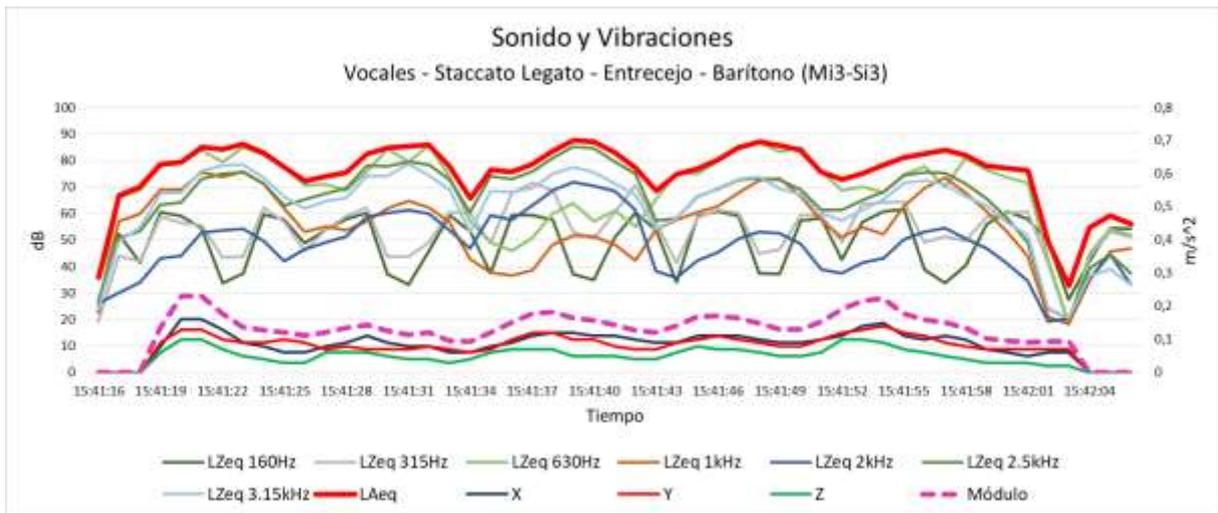


Figura 7.2.11: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Entrecejo. Cantante: Barítono.

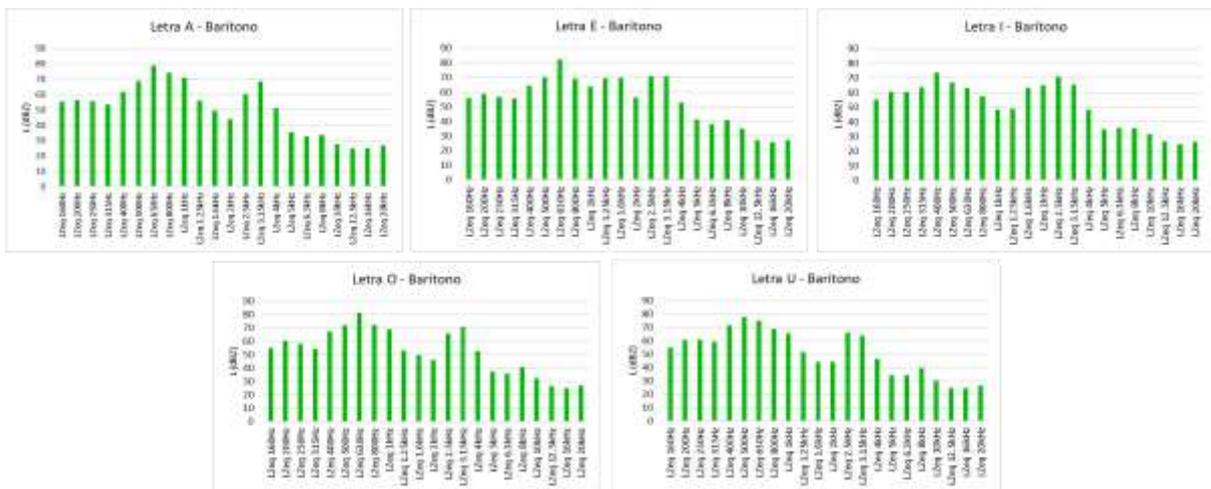


Figura 7.2.12: Composición espectral en BTO. Staccato + Legato. Cantante: Barítono

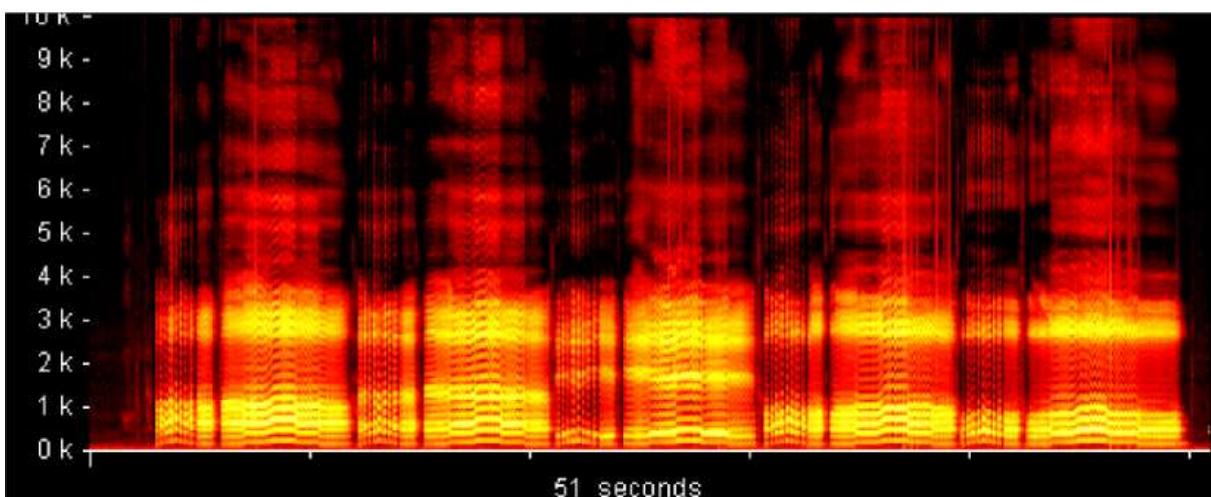


Figura 7.2.13: Sonograma. Staccato + Legato. Cantante: Barítono.

7.2.3 VOZ TENOR

En la laringe del tenor las vibraciones más acusadas ocurren en el eje Z, perpendicular al plano en que se apoya el sensor. En cambio, en los otros dos ejes las vibraciones se acompañan y están notoriamente más involucradas en la producción del staccato que en el legato. Esto no da lugar a grades cambios en el módulo de las vibraciones, pues las mayores vibraciones en el eje Z durante el staccato se acompañan por mínimos en X e Y. Se sigue cumpliendo la representación de vibración en el eje horizontal – staccato, en el eje vertical – legato igual que en el barítono, pero en un escenario de mayores vibraciones en general.

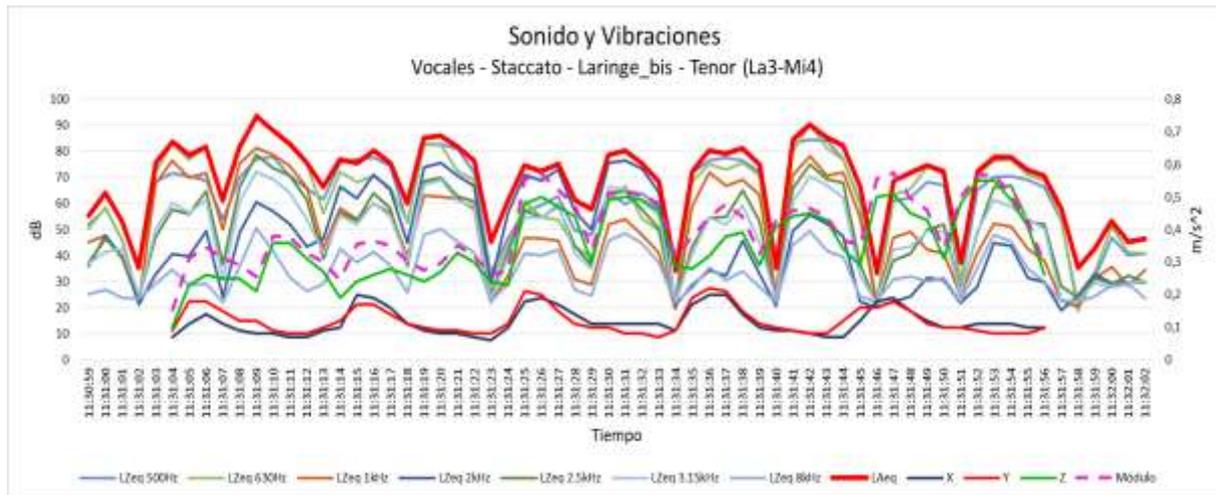


Figura 7.2.14: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Tenor.

Por el contrario, al analizar la vibración en algunos de los puntos que se encuentran en la máscara (Malar y Ceja), se observa que los ejes en los que se encuentra mayor vibración son el X e Y, los cuales representan el plano del rostro, de la máscara, mientras que la vibración en el eje normal al mismo es prácticamente nula. El malar parece recibir parte de la energía acústica generada, en especial en el staccato, lo mismo en menor medida la ceja.

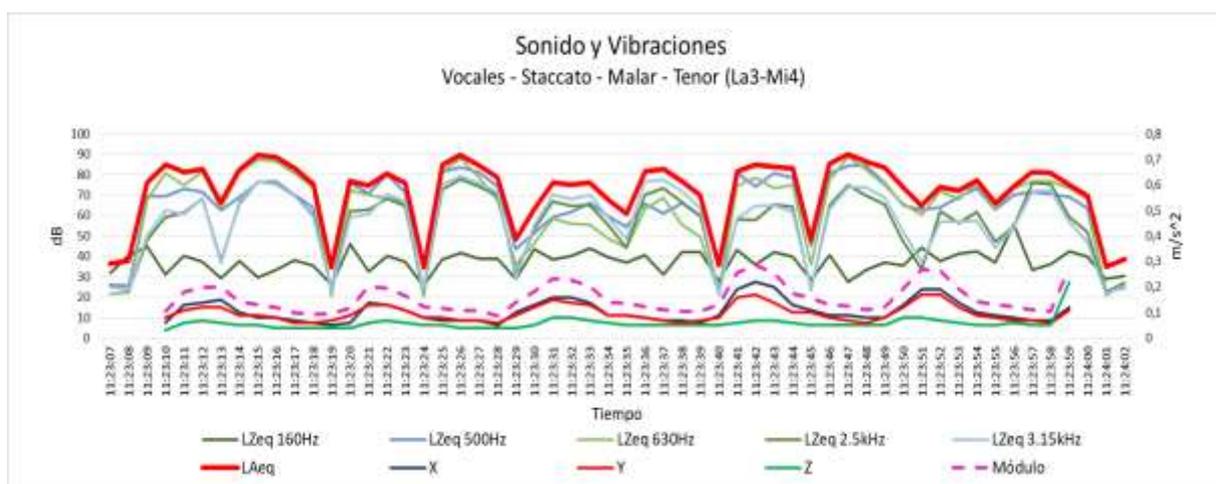


Figura 7.2.15: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Malar. Cantante: Tenor.

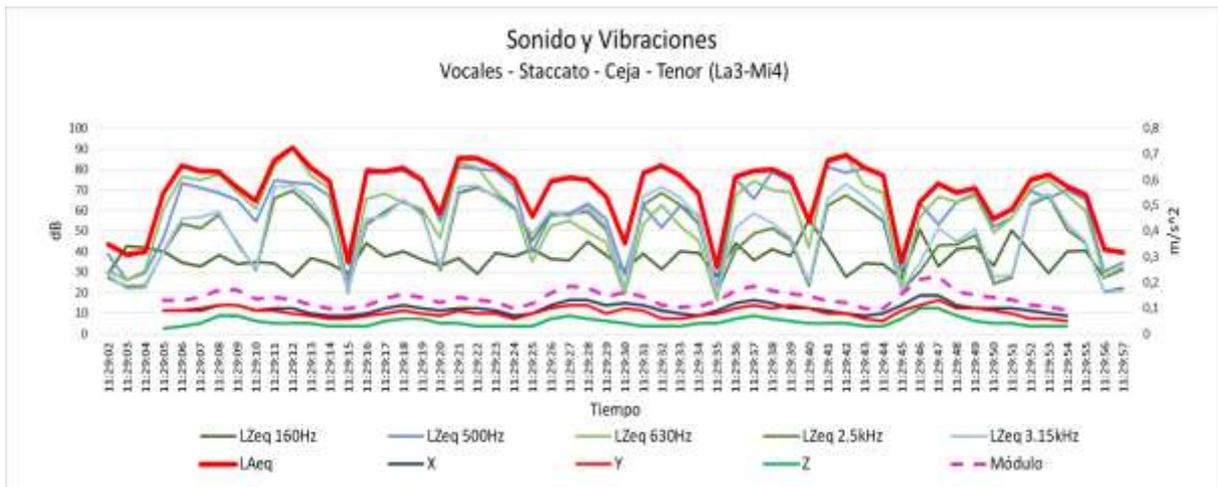


Figura 7.2.16: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Ceja. Cantante: Tenor.

De acuerdo con el sonograma de la Figura 7.2.17, en las vocales [e], [i] se observa una mayor diferenciación en cuanto a las frecuencias de los formantes vocálicos que al distinto modo de articulación staccato-legato. Sin embargo, en el caso de [a], [o], [u], las diferencias que imponen las articulaciones diferentes es bastante más marcada.

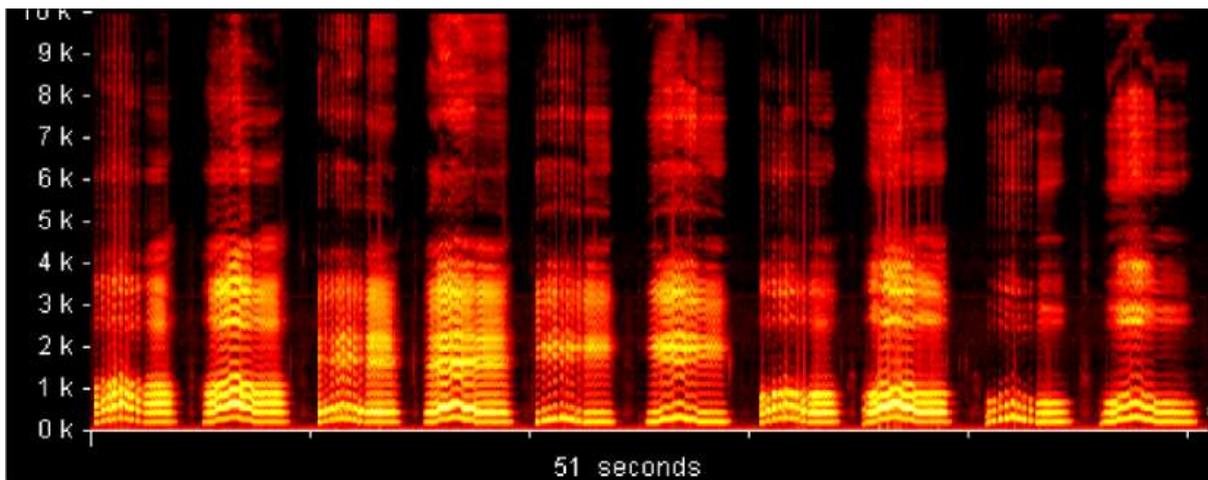


Figura 7.2.17: Sonograma. Staccato + Legato. Cantante: Tenor.

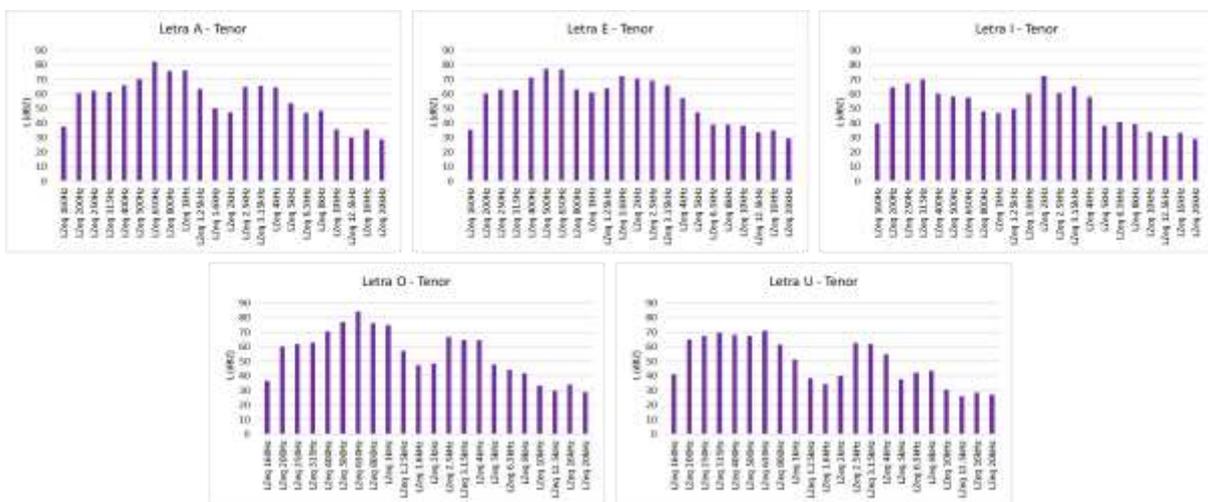


Figura 7.2.18: Composición espectral en BTO. Staccato + Legato. Cantante: Tenor.

7.2.4 VOZ MEZZOSOPRANO

En el caso de la mezzosoprano, se puede apreciar un comportamiento en contrafase del eje Z con respecto a los ejes X e Y, al igual que sucede en el barítono y el tenor para el mismo punto de vibración; en cambio, en la soprano no se registró este comportamiento en las vibraciones en la laringe.

Por otro lado, es interesante observar la importante vibración que existe en el esternón, donde hay mayor componente vibracional en la vertical (en este caso representada por el eje X y en la perpendicular a la caja torácica, eje Z).

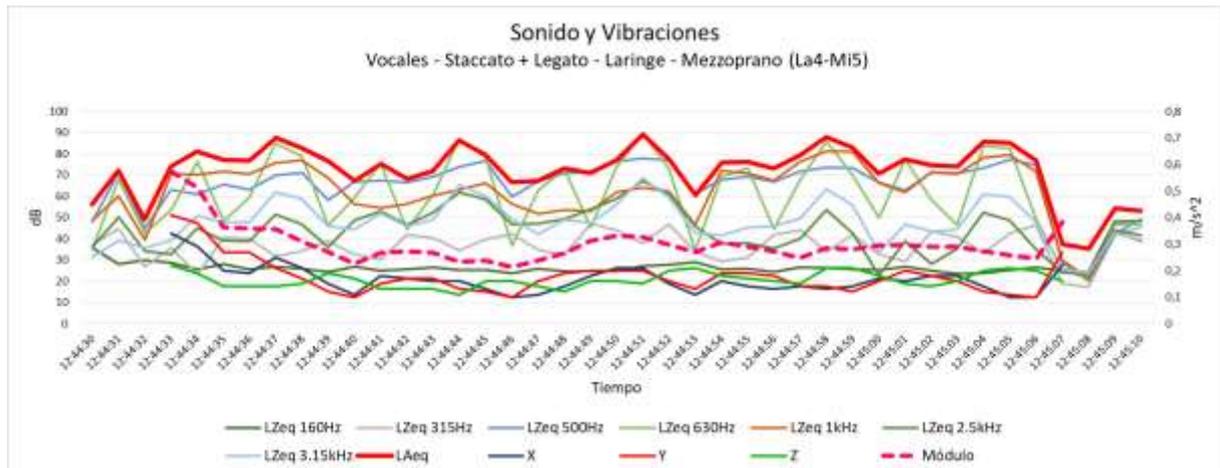


Figura 7.2.19: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Mezzosoprano.

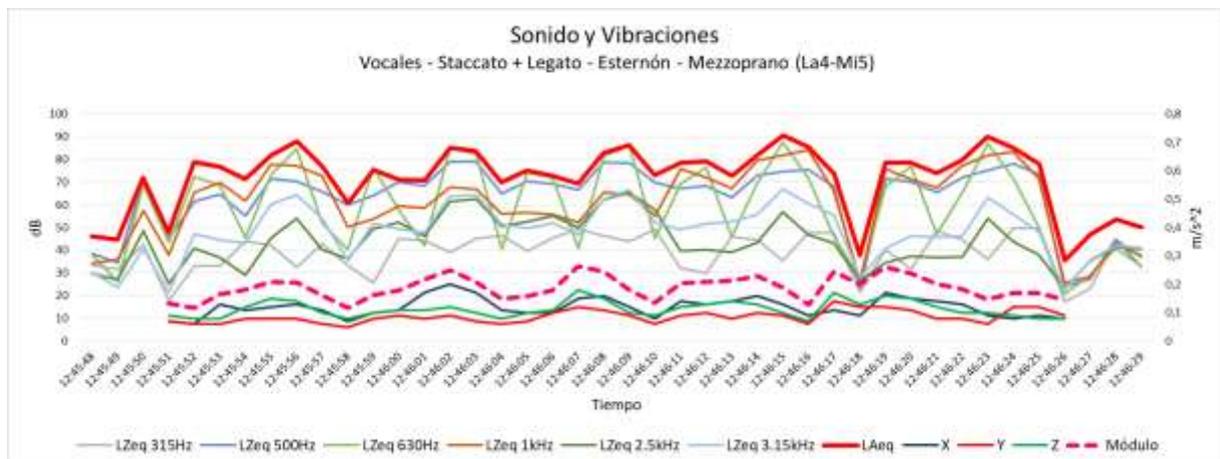


Figura 7.2.20: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Esternón. Cantante: Mezzosoprano.

Las siguientes figuras ilustran cómo, al igual que en el caso del tenor en los puntos estudiados de la máscara, la vibración en los ejes X e Y es francamente mayor que en el eje perpendicular a la máscara (eje Z, curva verde), según el cual la vibración es muy baja.

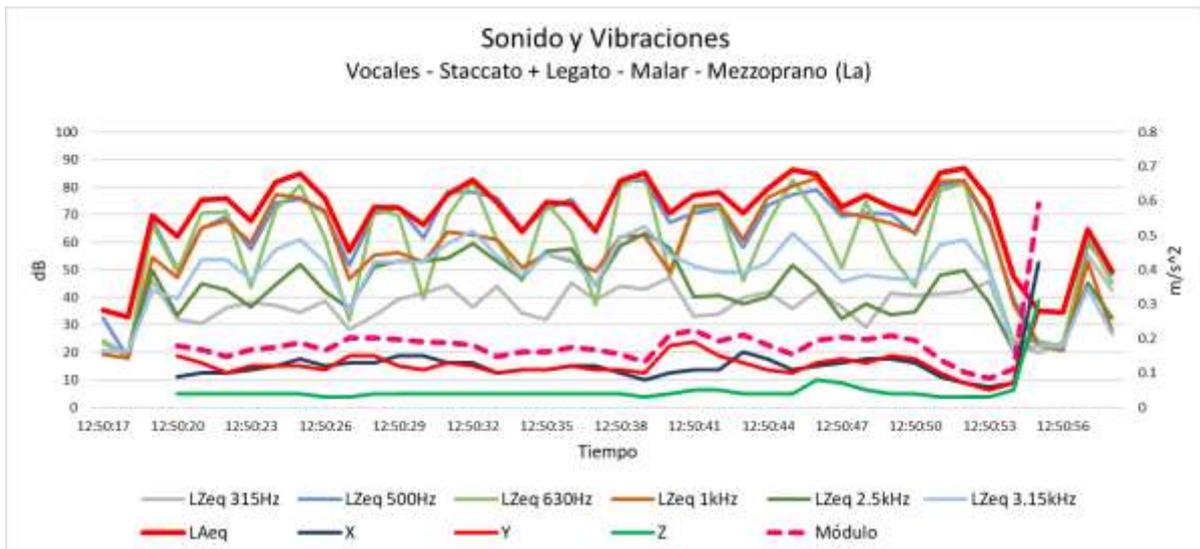


Figura 7.2.21: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Malar. Cantante: Mezzosoprano.

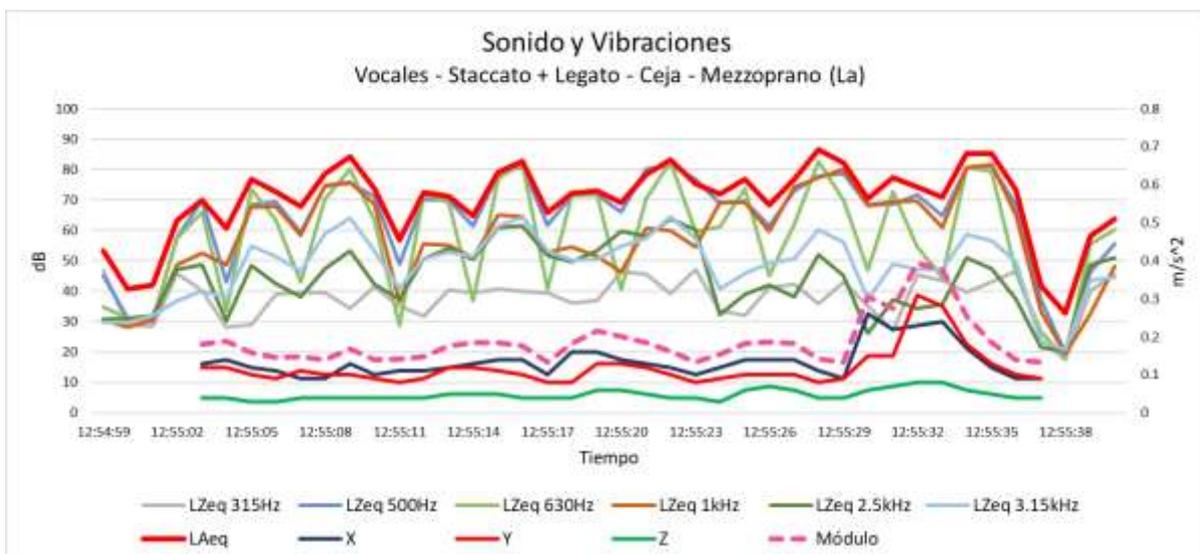


Figura 7.2.22: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Ceja. Cantante: Mezzosoprano.

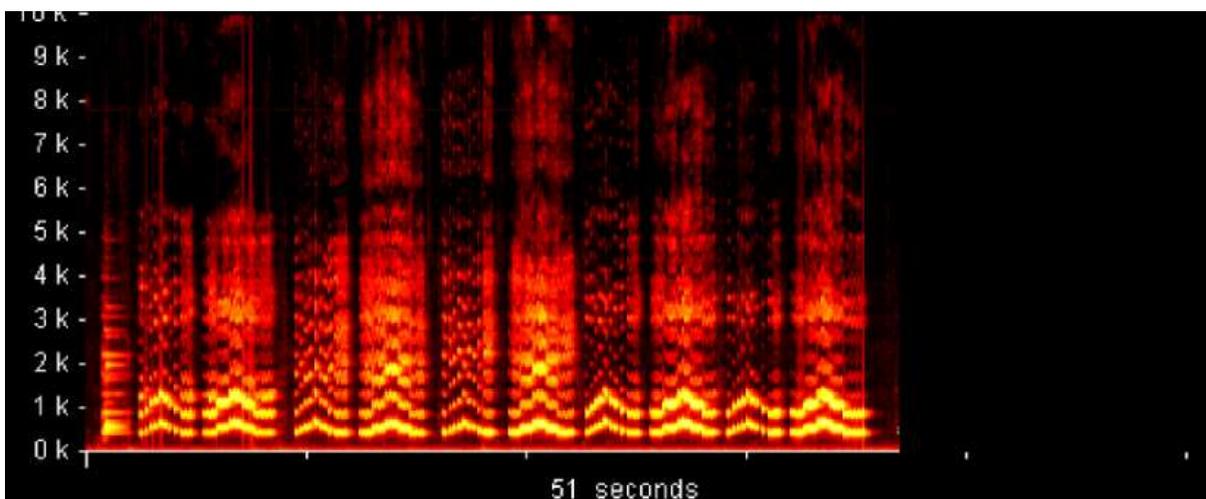


Figura 7.2.23: Sonograma. Staccato + Legato. Cantante: Mezzosoprano.

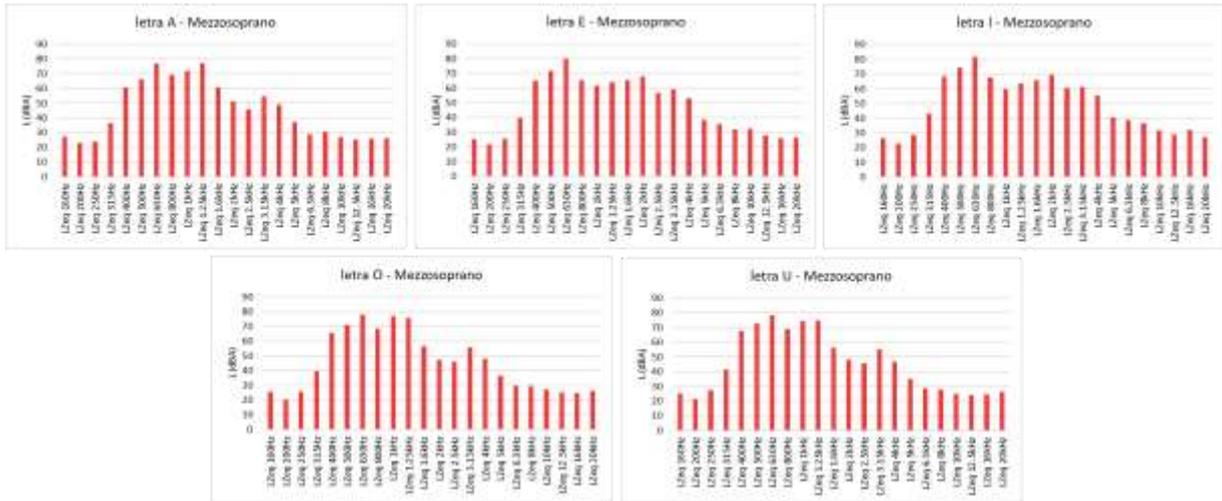


Figura 7.2.24: Composición espectral en BTO. Staccato + Legato. Cantante: Mezzosoprano.

7.2.5 VOZ CONTRATENOR

En el caso de la voz del contratenor, se observa una gran componente vibracional en la laringe del cantante, principalmente en el eje Z (Figura 7.2.25). Esto es esperable ya que la técnica del Contratenor, emisión en falsete, en general tiende a generar mayor vibración en la Laringe y requiere una mayor cobertura.

Los comentarios expresados acerca del formante del cantante siguen siendo válidos en este ejercicio.

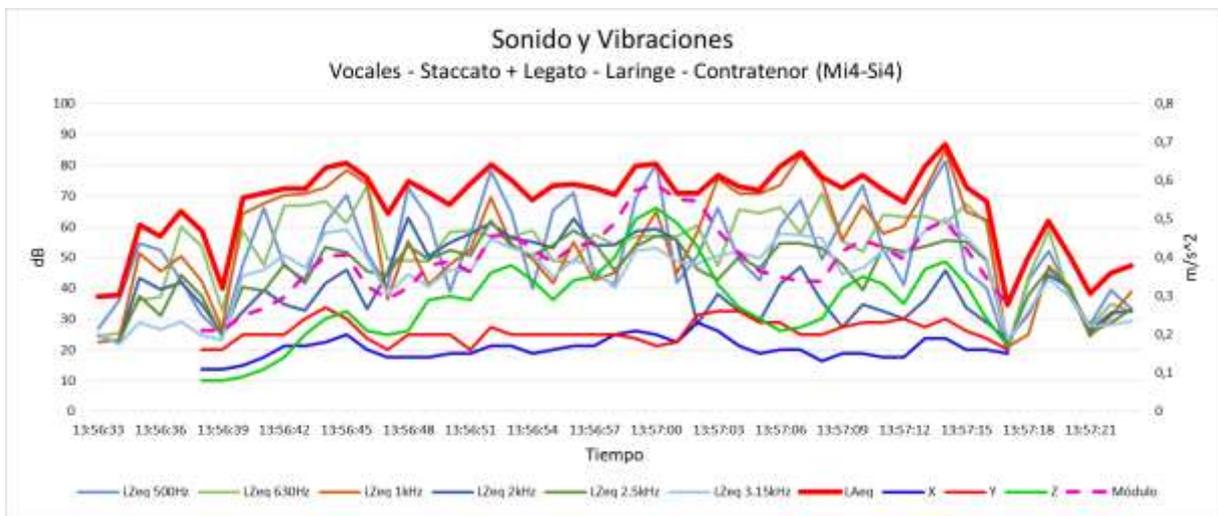


Figura 7.2.25: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Contratenor.

Por otro lado, en el punto de Mauran (Figura 7.2.26) se constata un comportamiento en contrafase entre las curvas de sonido por vía aérea y las vibraciones, es decir, cuando se da un máximo en las vibraciones, hay un mínimo en intensidad de sonido.

También existe una gran componente vibracional en los ejes X e Y en el occipital. Esto se podría explicar por la conducción ósea que transmite vibraciones del macizo facial al cráneo y genera sensaciones propioceptivas en esta región sobre todo en los sonidos agudos.

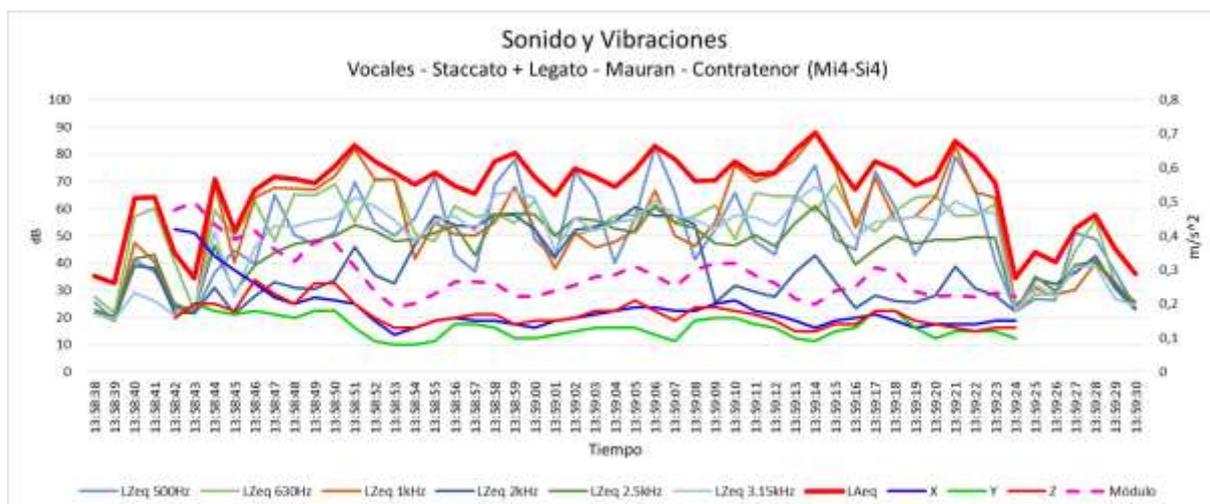


Figura 7.2.26: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Mauran. Cantante: Contratenor.

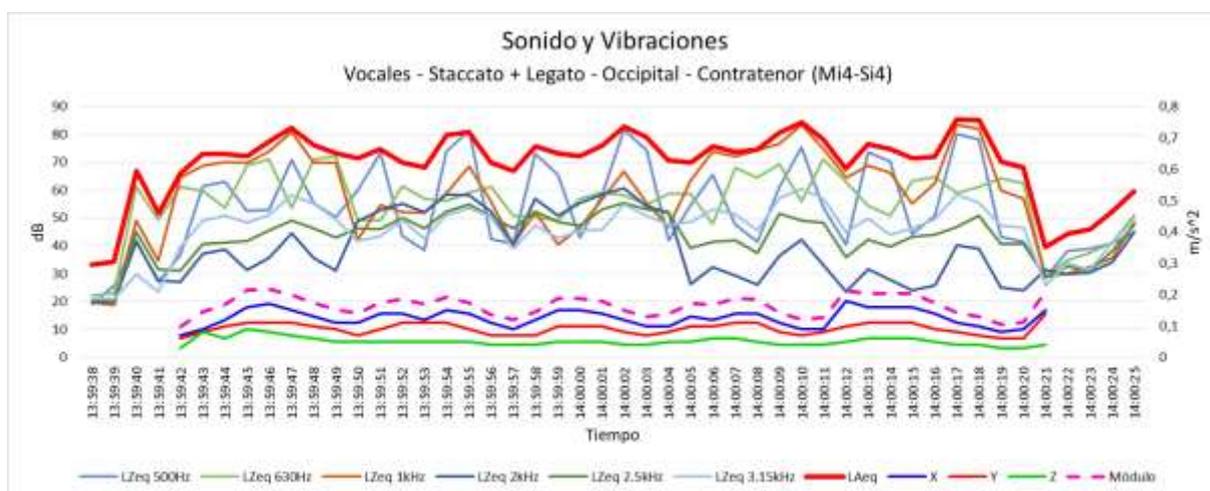


Figura 7.2.27: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Occipital. Cantante: Contratenor.

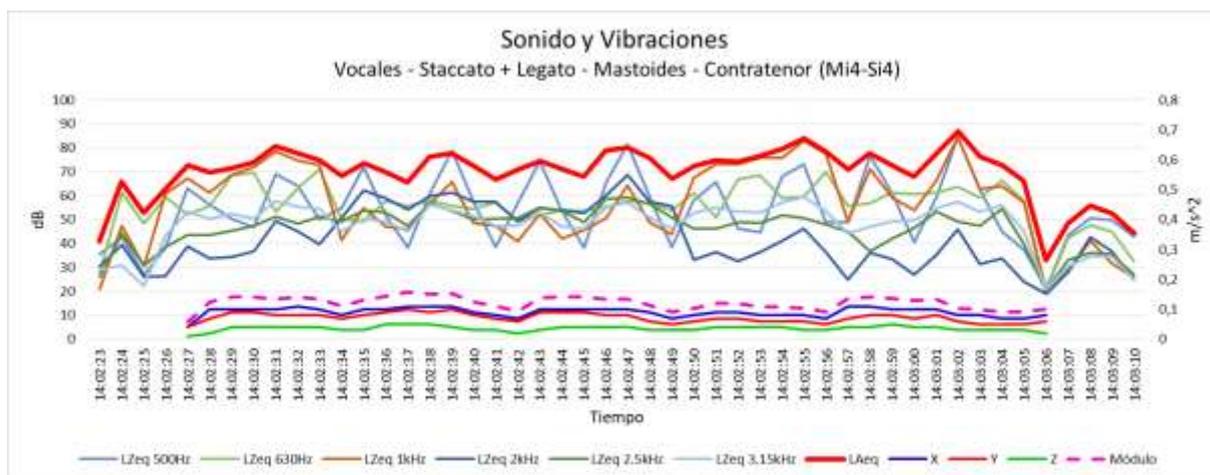


Figura 7.2.28: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Mastoides. Cantante: Contratenor.

Otro detalle que se observa es que en el mastoides hay mayor vibración en el plano del cráneo que en el eje normal al mismo. Esto sucede para todos los cantantes en este ejercicio.

Otra observación con respecto a las curvas de las frecuencias 2.500 Hz, 3.000 Hz y 3.150 Hz, es que su intensidad disminuye de forma considerable en el canto de las vocales [o], [u], tanto para Staccato

como para Legato. Esto es razonable, ya que los valores de F1 y F2 en estos casos y para este cantante se sitúan en 400 Hz y 1.000 Hz respectivamente.

Además, así como sucede para las demás voces, la vibración en los puntos de la cara es mayor en el plano de la máscara y menor para el perpendicular al mismo. En este caso, el punto que mejor ilustra esto es la nariz.

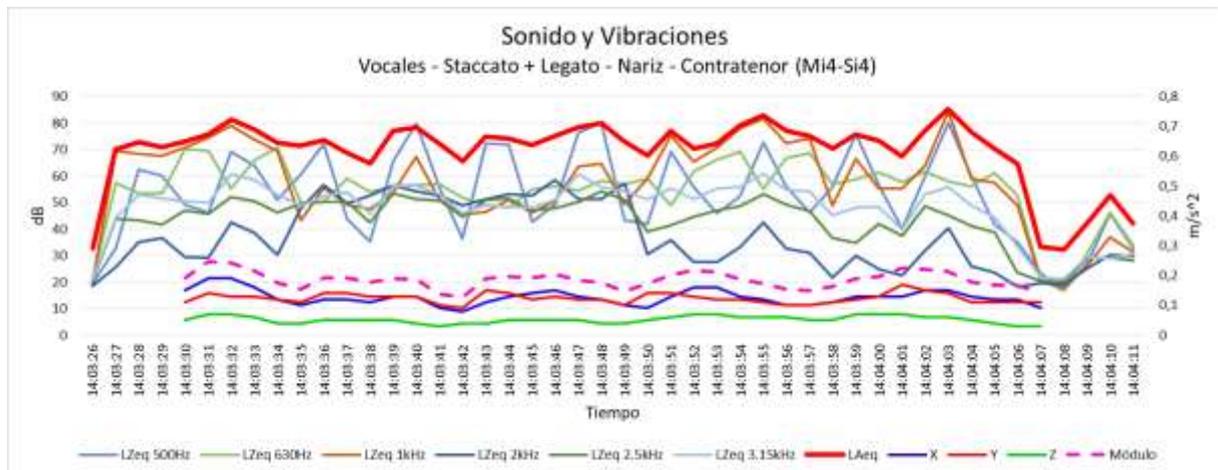


Figura 7.2.29: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Nariz. Cantante: Contratenor.

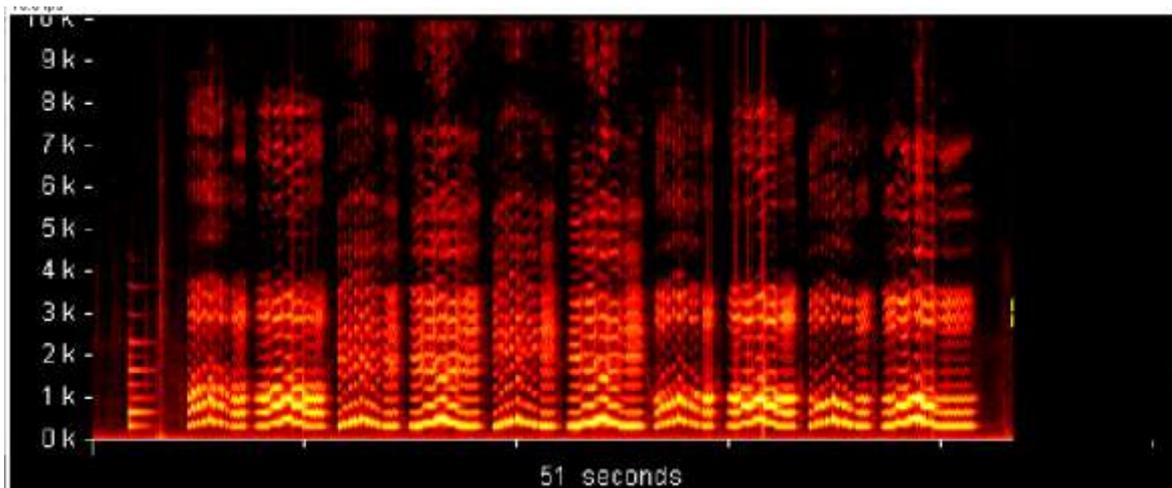


Figura 7.2.30: Sonograma. Staccato + Legato. Cantante: Contratenor.

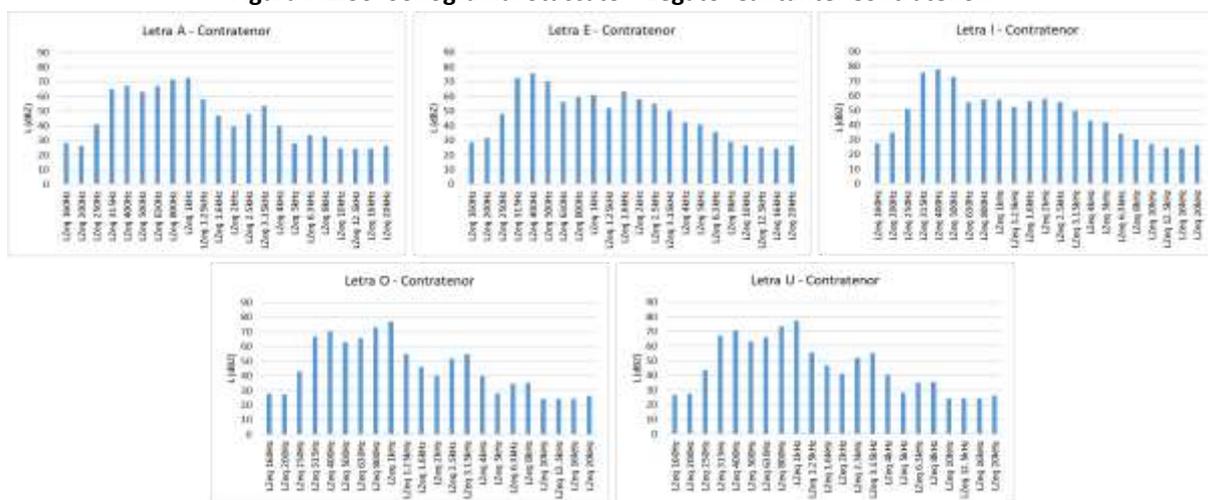


Figura 7.2.31: Composición espectral en BTO. Staccato + Legato. Cantante: Contratenor.

7.3 EJERCICIO 3: GRAND VOCALISE

Por más que en todas voces las bandas de frecuencias alrededor de 3.000 Hz son de especial interés, ya que se vinculan con el formante del cantante, este efecto reconocido de las modificaciones específicas del tracto vocal en la técnica lírica es más notorio en cuanto a frecuencias más graves y por ende más comprobable en las voces masculinas.

Amalgamando el grupo de F3, F4, y F5 las voces graves pueden alcanzar una buena audibilidad y destacarse. En el caso que sean acompañadas por una orquesta, como ésta mantiene otras características acústicas con frecuencias que van de los 500 Hz a los 1.000 Hz, el formante del cantante destaca la voz del cantante porque se propone en una zona más aguda del espectro.

En el sonograma se observa claramente el formante del cantante cuando las frecuencias en la voz del barítono y del tenor se juntan y se refuerzan, se ven como en un bloque compacto de color intenso en las frecuencias cercanas a los 3000 Hz. A tesituras de voz más agudas, el formante del cantante se va empobreciendo.

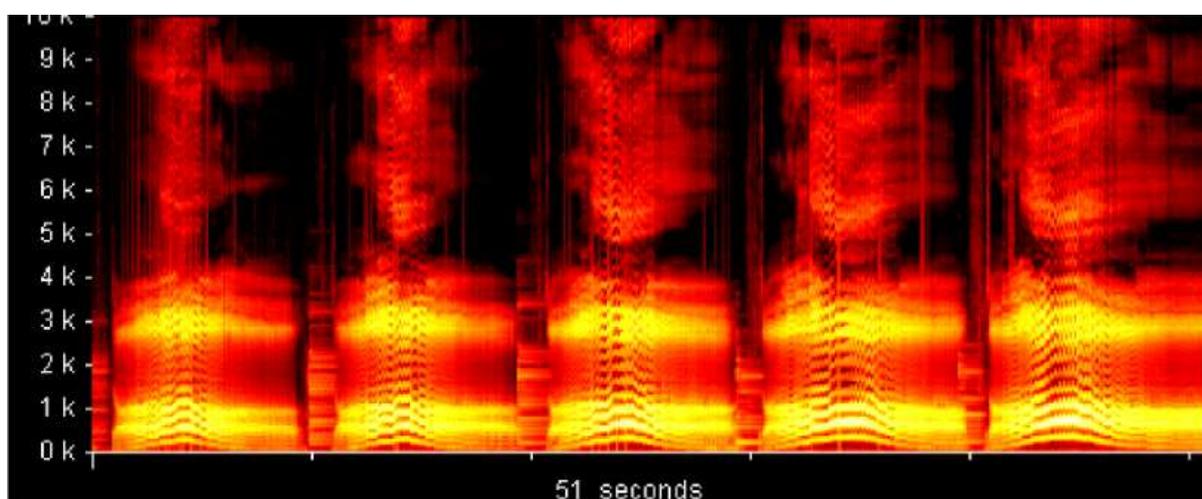


Figura 7.3.1: Sonograma. Grand Vocalise. Voz: barítono. Se observa el “Formante del cantante” entre los 2.500 Hz y los 3.500 Hz, muy pronunciado.

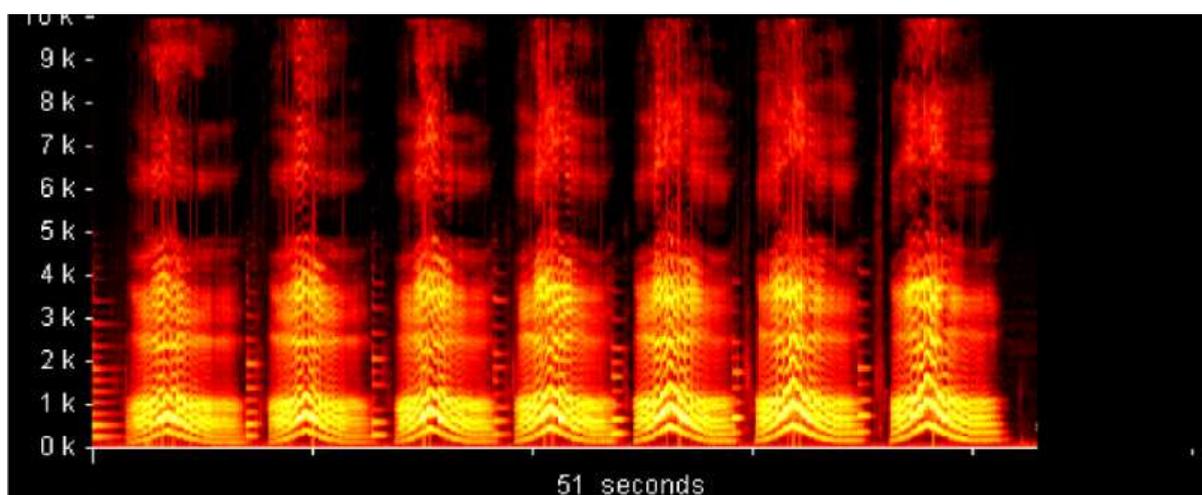


Figura 7.3.2: Sonograma. Grand Vocalise. Voz: tenor. Se observa el “Formante del cantante” entre los 3.000 Hz y los 5.000 Hz

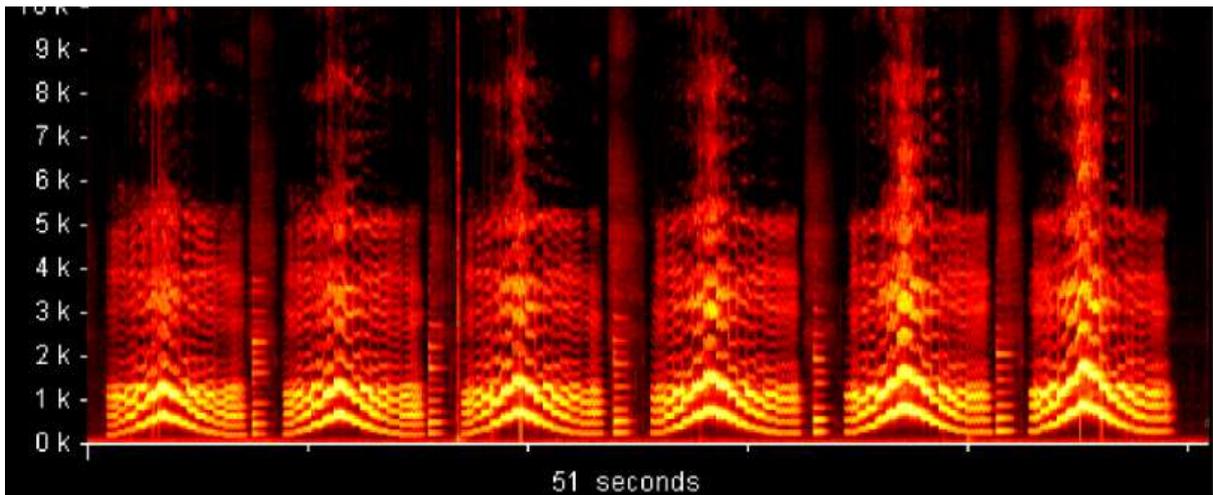


Figura 7.3.3: Sonograma. Grand Vocalise. Voz: mezzosoprano. Se observa el "Formante del cantante" entre los 3.000 Hz y los 4.000 Hz

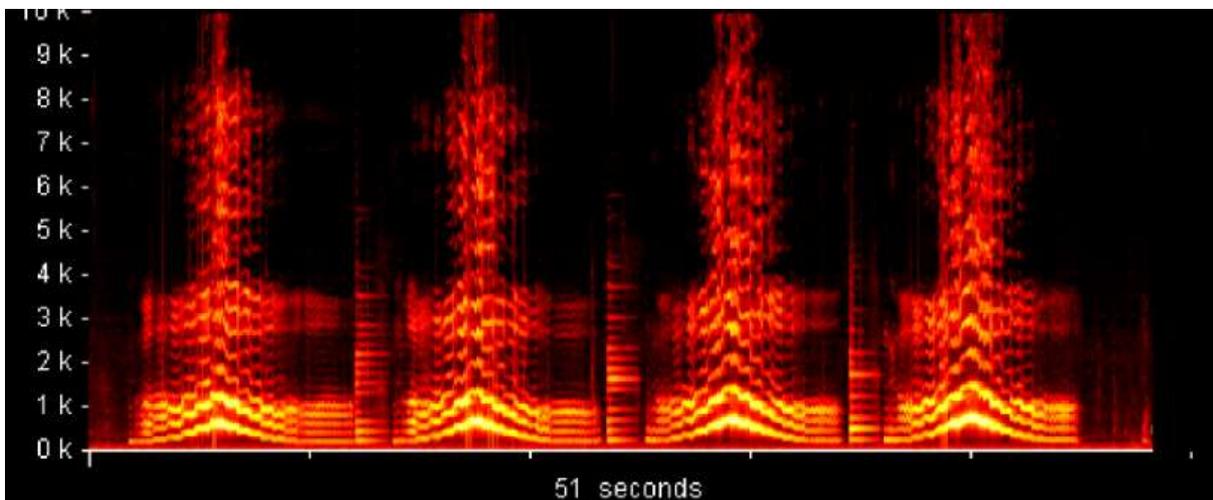


Figura 7.3.4: Sonograma. Grand Vocalise. Voz: contratenor. Se observa el "Formante del cantante" entre los 3.000 Hz y los 4.000 Hz.

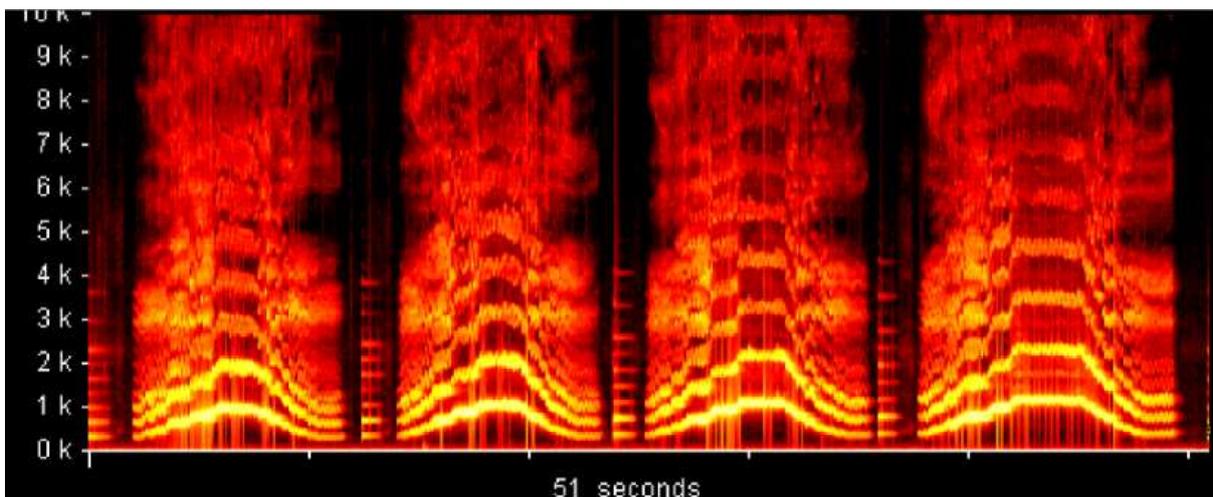


Figura 7.3.5: Sonograma. Grand Vocalise. Voz: soprano. Se observa un entre los 3.000 Hz y los 4.000 Hz.

En todas las voces, a mayor altura relativa se observa una mayor “organización” en bandas de frecuencias. El pico agudo en este ejercicio se localiza en el centro de la columna, y sus armónicos aparecen en el sonograma como una “escalera”, donde cada “peldaño” se correspondería con un armónico.

El Formante del Cantante en la soprano no se evidencia en los agudos del ejercicio del Grand Vocalise, tal cual lo previsible; se ve un formante, entre los 3.000 Hz y los 4.000 Hz, cuando inicia y cuando finaliza el ejercicio, por ser la parte grave. Hay dos picos que identifican la falta de amalgama entre F3 y F4, es decir, la falta del “verdadero” formante del cantante. Es menos probable que aparezca en registros de voz agudos al no ser en la primera octava, ya que las soprani cantan con una F0 alta.

Observando el gráfico se explica al ver las líneas de los armónicos más espaciadas en el sonograma y el grupo de F3, F4 y F5, que es el que produce el formante del cantante.

Por lo tanto, el formante del cantante es una característica común en los cantantes con registros graves, bajos, barítonos, tenores, incluso contraltos y mezzosopranos, entrenados profesionalmente. En los estudiantes, se observa claramente el crecimiento de este pico espectral a medida que van entrenando y avanzando en la comprensión del proceso de resonancia.

El Formante del Cantante no se manifiesta en la misma zona tonal en todas las voces, es más alta en el tenor y más grave en el bajo. Este formante característico está relacionado con la forma del tracto vocal y con la capacidad y entrenamiento que se posee para flexibilizar y adaptar las diferentes estructuras anatómicas móviles. La técnica prepara para saber disponer y ajustar el tracto vocal en las diferentes notas, sobre todo en el pasaje de registro. En la pedagogía italiana se le llama técnica del **“aggiustamento”** (ajuste).

Mientras en las voces graves masculinas se suelen incentivar sensaciones en la máscara baja, en especial los senos maxilares, la voz de tenor depende en su zona aguda de un mayor acoplamiento de las resonancias de la nariz, senos frontales y esfenoidales. Se podría describir este sistema como de dos tubos con una misma base faríngea, que está siendo regulado por la actividad valvular del velo del paladar conjuntamente con el dorso de la lengua. Naturalmente, no se trataría de colocar la voz en una única vía resonancial, ya que resultaría un sonido pobre en formantes, sino de la fluida y hábil comunicación entre ambos subsistemas según la frecuencia fundamental emitida y, en menor medida, su cualidad vocálica. De la gran gama de combinaciones y percepciones posibles se desprenden, en gran medida, las diferencias técnicas aplicadas por las distintas escuelas de canto, como también la ineludible importancia del Punto de Mauran por ser la síntesis sonora de ambas vías.

7.3.1 VOZ SOPRANO

En la Figura 7.3.6 se observa que las vibraciones mascarales se acompañan con el mismo movimiento, mientras que el eje Z se separa, alcanzando el máximo en los puntos de mayor intensidad. En el momento que se dan esos máximos de vibración, las curvas de 500 Hz y 630 Hz disminuyen su valor. Además, en este punto de vibración, a medida que avanza el tiempo, el pico se “corre hacia la izquierda” o sea, hacia los graves. Al alcanzar el último Grand Vocalise, el cual corresponde a la última cresta del gráfico, las curvas de 1.000 Hz y 2.000 Hz se comportan de igual forma que 500 Hz y 630 Hz, pero disminuyen menos. Por otro lado, la que incrementa su valor en nivel de intensidad es la de 1.250 Hz, que aumenta a medida que avanza el tiempo. Su máximo se da en el mismo punto en que se dan

los mínimos de las que decrecen. Aparece entonces el fenómeno de la sintonización, ya que cambian las frecuencias preferenciales, entrando en sintonía con las frecuencias de los formantes. En los puntos donde la vibración aumenta y se producen estos descensos de algunas frecuencias y aumento de otras, se identifica el pasaje, es decir, el cambio entre dos sistemas de emisión diferentes y sucesivos.

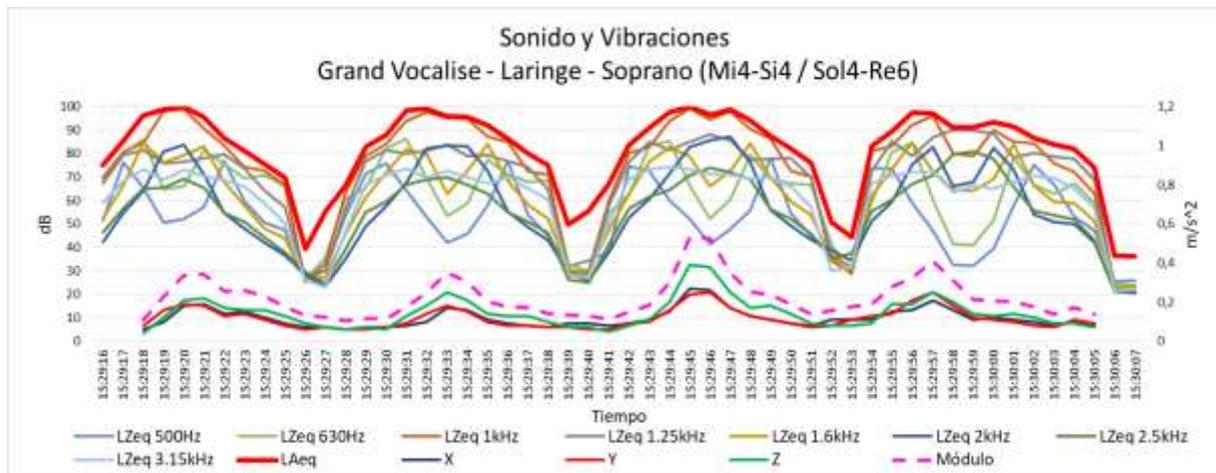


Figura 7.3.6: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Soprano

En otros puntos de medición sucede el mismo comportamiento para los picos y la vibración, por ejemplo, en el esternón, aunque en menor medida. En este punto el eje de mayor vibración es el eje X, el cual puede deberse a la respiración.

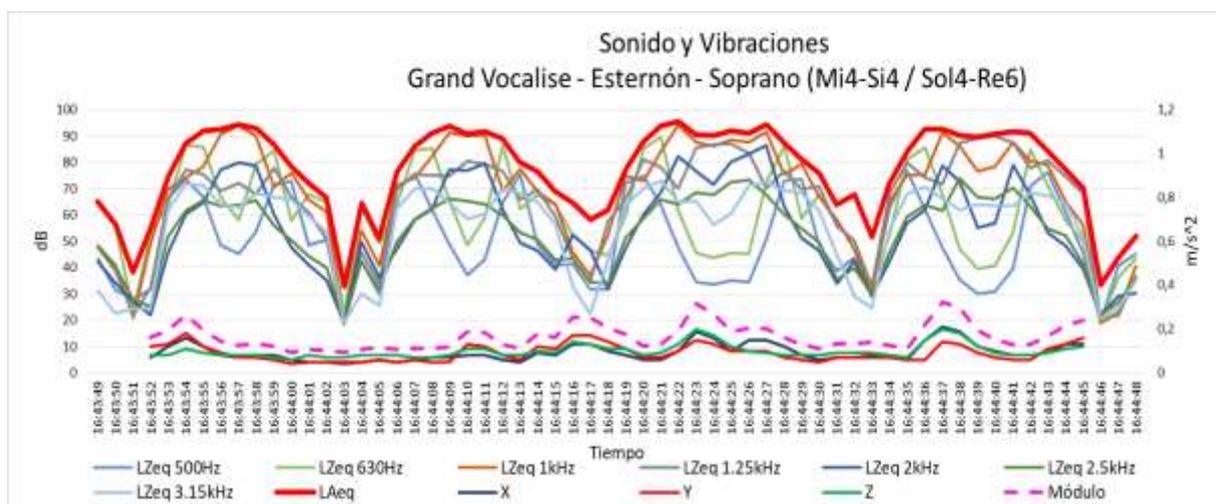


Figura 7.3.7: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Esternón. Cantante: Soprano.

En el punto de Mauran las vibraciones aumentaron considerablemente. Las vibraciones en el plano de la máscara van juntas y la del eje perpendicular a la cara se destaca frente a los demás. Esto podría verificar entonces la teoría de que el punto de Mauran es el que concentra la mayor vibración. Otro aspecto a destacar es que, a medida que el tono es más agudo, la vibración disminuye. Esto se observa entre el anteúltimo grand vocalise y el último, que corresponde al “sobregado”. Para estos agudos, no se trata de una ineficiencia energética, sino de un cambio en la modalidad de emisión; en el pasaje, el máximo de vibración acompaña a las notas que se realiza el pasaje, hasta concluir con ese proceso.

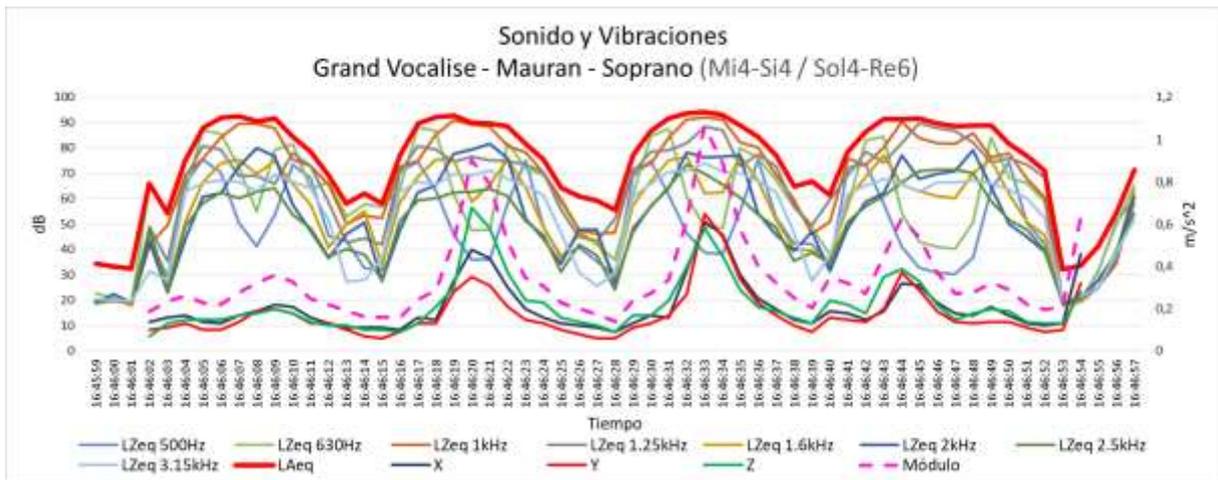


Figura 7.3.8: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Maura. Cantante: Soprano.

Al igual que en los otros puntos de medición, los picos de vibración se van “corriendo hacia la izquierda”. Nuevamente, la frecuencia de 1.250 Hz es la que aumenta cuando las demás curvas disminuyen.

La sensación perceptiva de la cantante es que la vibración en el sobreagudo se traslada al mastoides. La Figura 7.3.9 es la que corresponde a este punto. Se puede observar ese aumento de vibración en los dos últimos grands vocalises. En este punto, la vibración se da en el plano XY, que representa al hueso. Esta resonancia que se traslada a un punto que se encuentra en una zona más atrás de la cabeza puede ser debido a la forma en la que la cantante modifica su tracto vocal para alcanzar el sobreagudo sin esfuerzo.

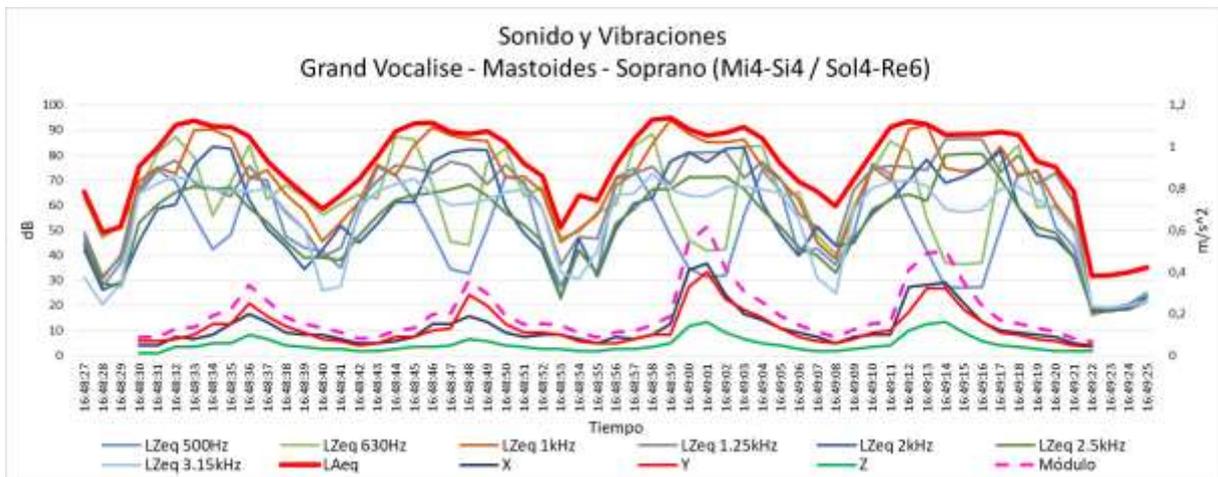


Figura 7.3.9: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: M. Cantante: Soprano.

En los puntos de medición de la cara los resultados fueron distintos. Para la nariz, casi no se presenta vibración, lo que concuerda con la percepción de la cantante. Por otro lado, en la ceja los incrementos fueron muy parecidos a los casos anteriormente descritos. En este caso, el mayor pico de vibración se da en el último grand vocalise, que corresponde al sobreagudo, a diferencia de lo constatado en el punto de Maura, en que el máximo se daba en el penúltimo grand vocalise.

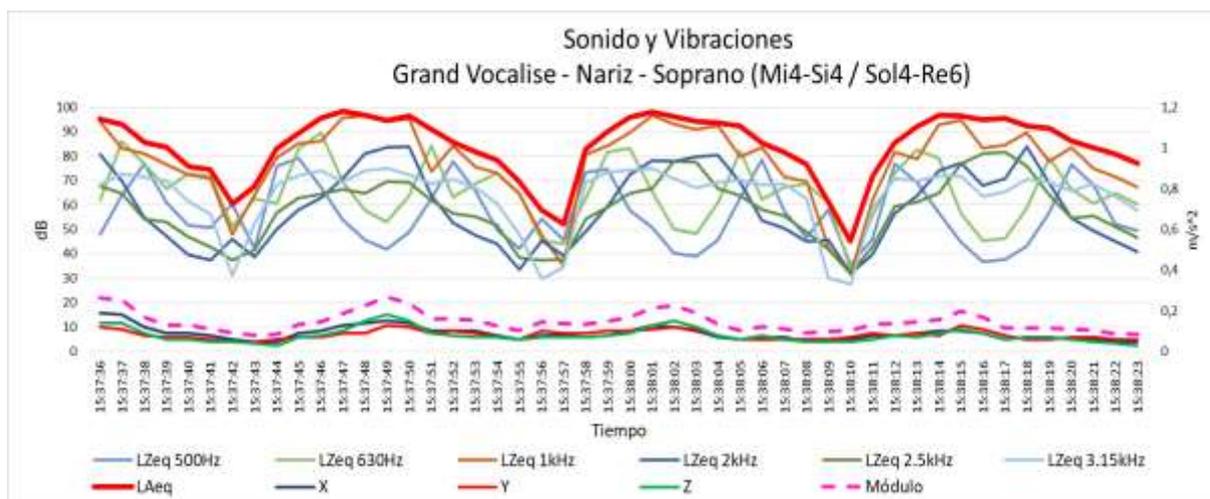


Figura 7.3.10: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Nariz. Cantante: Soprano.

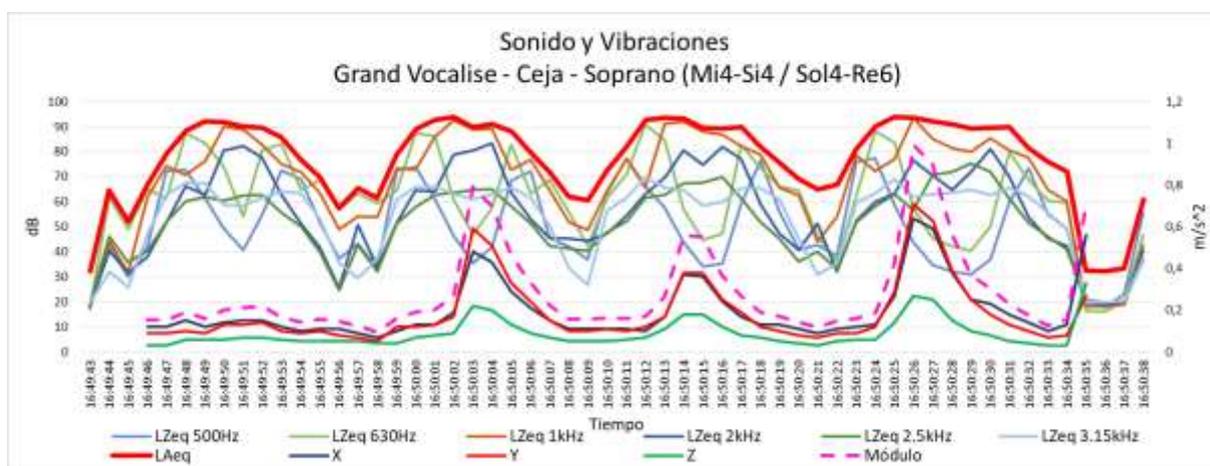


Figura 7.3.11: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Ceja. Cantante: Soprano.

A pesar de que la ceja y el entrecejo son puntos que se encuentran cerca, el comportamiento no es el mismo, dado que ambos puntos no responden exactamente a las mismas zonas resonantes. En la Figura 7.3.12 se observa el gráfico correspondiente al entrecejo, donde los módulos de las vibraciones son menores.

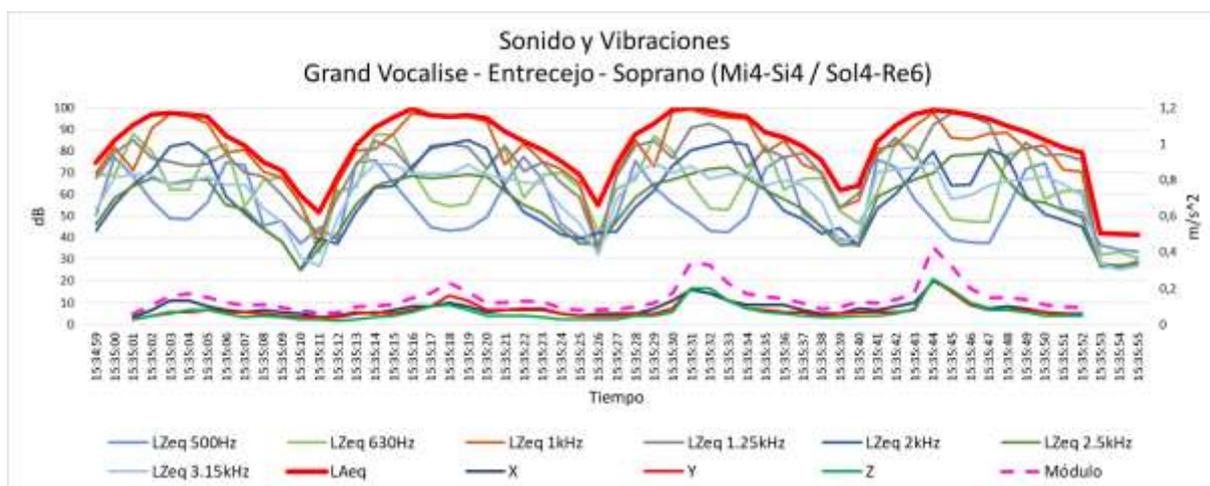


Figura 7.3.12: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Entrecejo. Cantante: Soprano.

7.3.2 VOZ MEZZOSOPRANO

Para la mezzosoprano, el comportamiento de los gráficos fue similar a la soprano. En la Figura 7.3.13 se observa el gráfico medido en la laringe. Las curvas de 315 Hz y 500 Hz son las que disminuyen notoriamente su valor. La que se incrementa es la de 800 Hz. La mayor vibración en este punto se da en el eje perpendicular a los de la máscara, trasladándose en menor medida hacia los graves, a medida que se avanza en el tiempo.

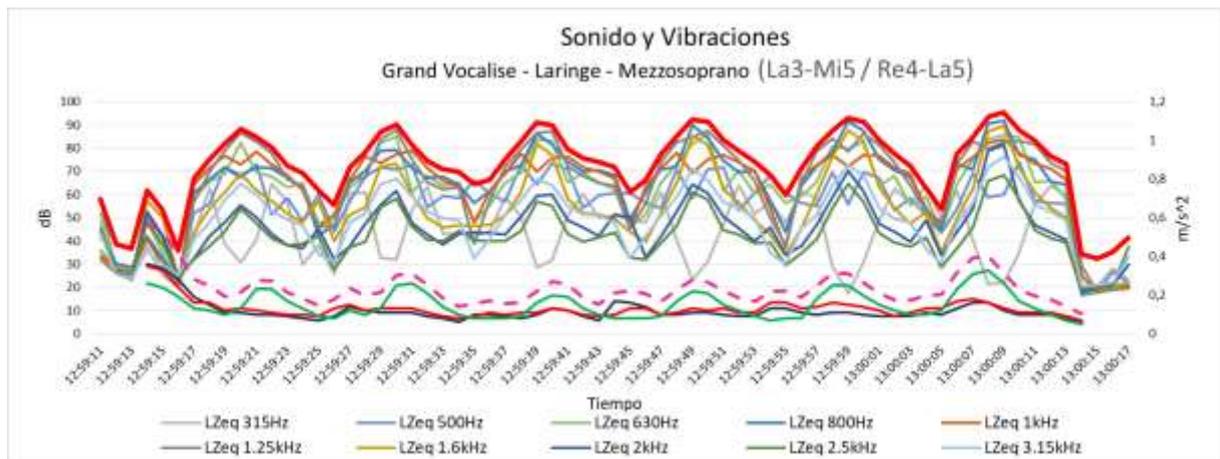


Figura 7.3.13: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Mezzosoprano.

En algunos puntos de medición, se observaron picos de vibración a la entrada de los dos últimos grands vocalises. Esto puede observarse en la Figura 7.3.14, gráfico correspondiente al malar. Además, en este punto, la vibración en la máscara es mayor a la correspondiente en el eje perpendicular (curva verde). También es de anotar que la vibración en dirección ortogonal al plano de apoyo del sensor es máxima y ocurre en contrafase con las pequeñas vibraciones que se dan en el mencionado plano.

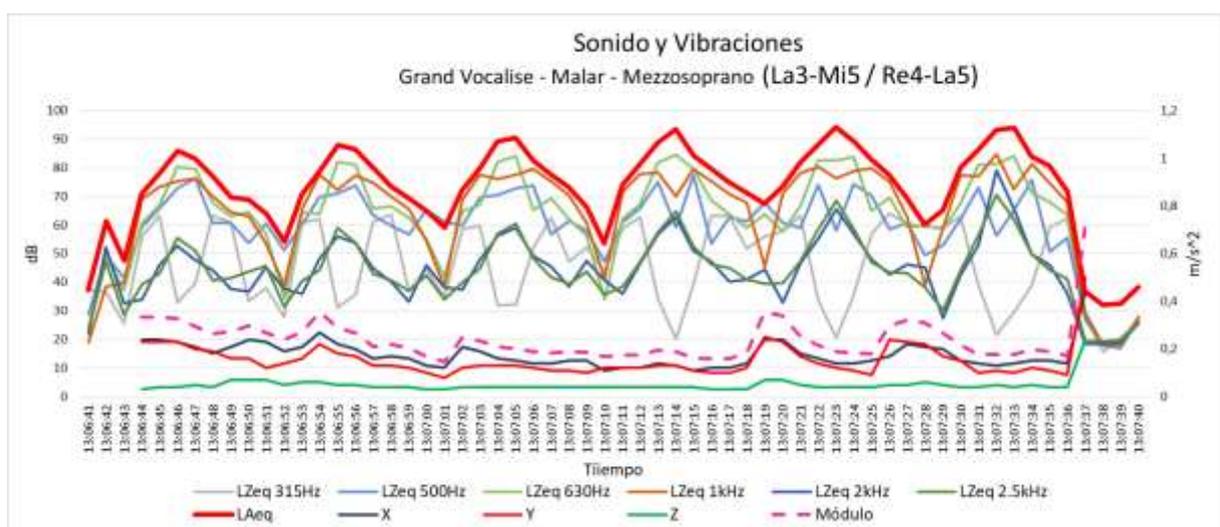


Figura 7.3.14: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Malar. Cantante: Mezzosoprano.

7.3.3 VOZ BARÍTONO

En el caso del barítono, la curva que disminuye al avanzar el ejercicio es la de 160 Hz, en tanto las que sostienen el nivel de presión sonora ante esa disminución son las curvas de 630 Hz y 800 Hz. La vibración perpendicular a la máscara es la que presenta mayor vibración. A diferencia de la soprano, en esta voz y este punto no se observa un corrimiento de la vibración a medida que avanza el tiempo y el cantante va hacia tonos más agudos.

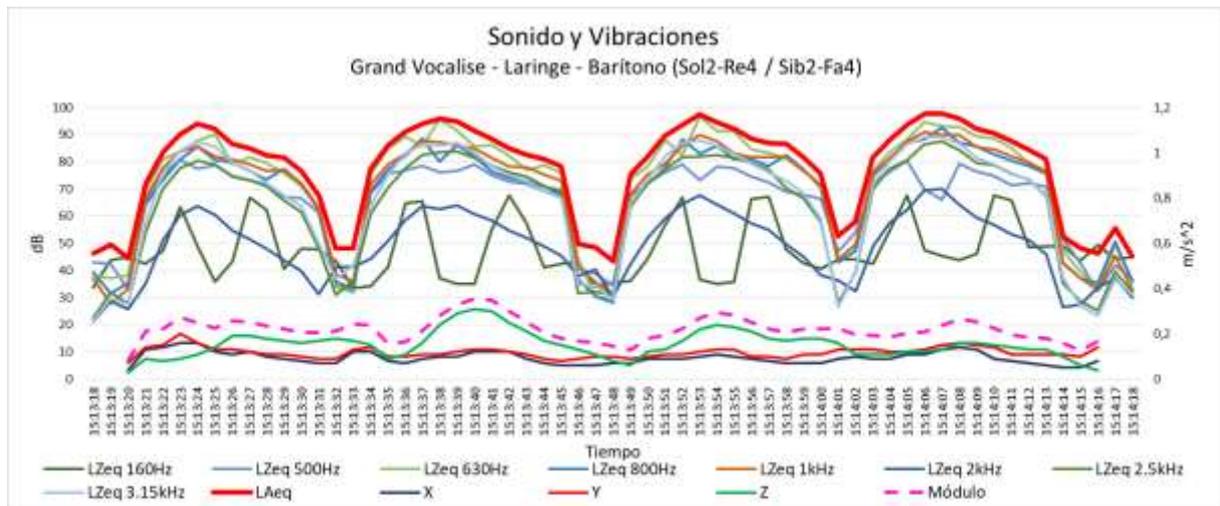


Figura 7.3.15: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laríngeo. Cantante: Barítono.

En el occipital, la vibración aumenta en el último grand vocalise. El pico máximo concuerda con el mínimo de la curva de 160 Hz y los aumentos de las de 630 Hz y 800 Hz, lo que coincide con la ocurrencia del pasaje.

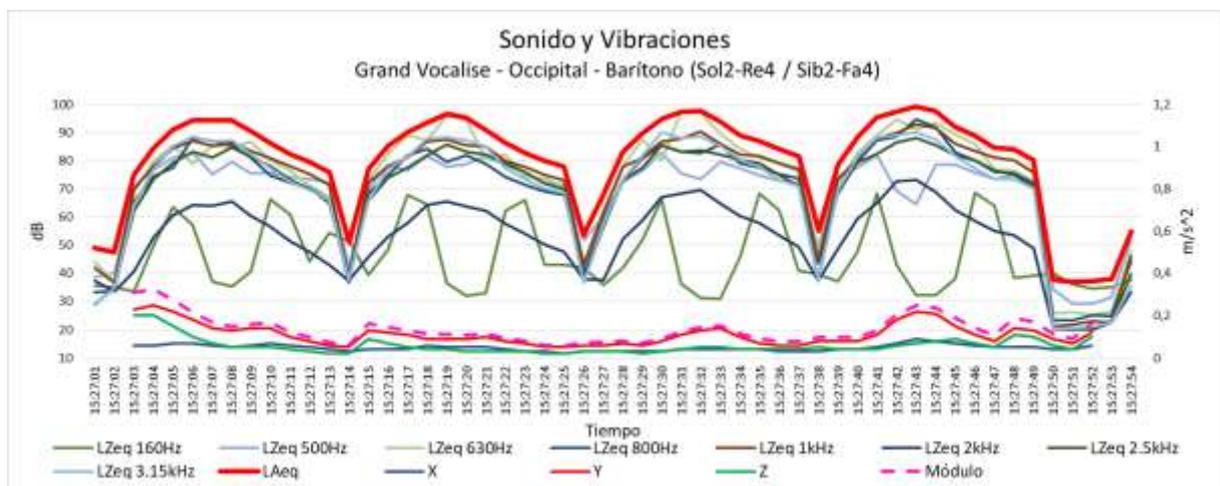


Figura 7.3.16: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Occipital. Cantante: Barítono.

7.3.4 VOZ TENOR

La curva de 800 Hz es la que aumenta de intensidad para contrarrestar los descensos en las de 315 Hz y 630 Hz que se producen en los dos últimos grands vocalises.

Es notoria la diferencia de las vibraciones en dirección perpendicular al plano de apoyo del sensor (vibraciones máximas) y en ese plano propiamente dicho. En ese plano las vibraciones se incrementan al avanzar hacia el agudo, en contrafase con las vibraciones según el eje perpendicular a él.

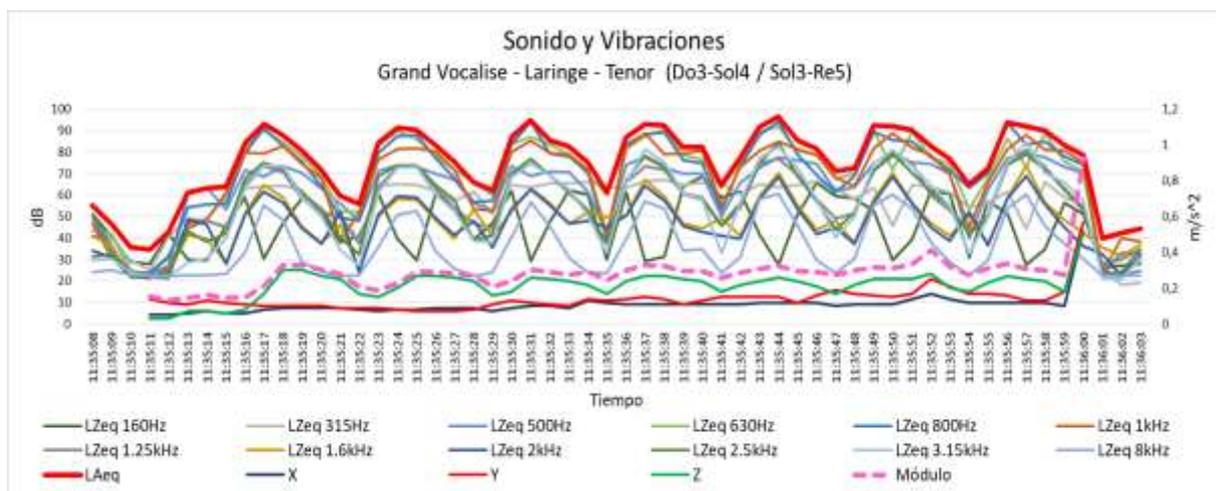


Figura 7.3.17: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Tenor.

7.3.5 VOZ CONTRATENOR

Se presentan una disminución en la curva de 315 Hz y un aumento en la de 630 Hz y 800 Hz. Por esto, se podría decir que este cantante utiliza como recurso la sintonización.

En la laringe es donde se notaron las mayores vibraciones. En el resto de los puntos de vibración no se presentaron diferencias. Es importante aclarar que, debido al orden de las mediciones, el cantante fue calentando su voz a medida que avanzaba en los puntos de medición. Con esto, la emisión fue ganando progresivamente en eficiencia. En este caso, cuando las vibraciones en el plano de apoyo del sensor se incrementan hacia el final del ejercicio, lo hacen en fase con las vibraciones en el eje perpendicular a ese plano, a diferencia de lo constatado en el caso del tenor. Esto podría estar relacionado a la distinta forma de emisión que emplean ambas voces (el contratenor canta en registro de falsete).

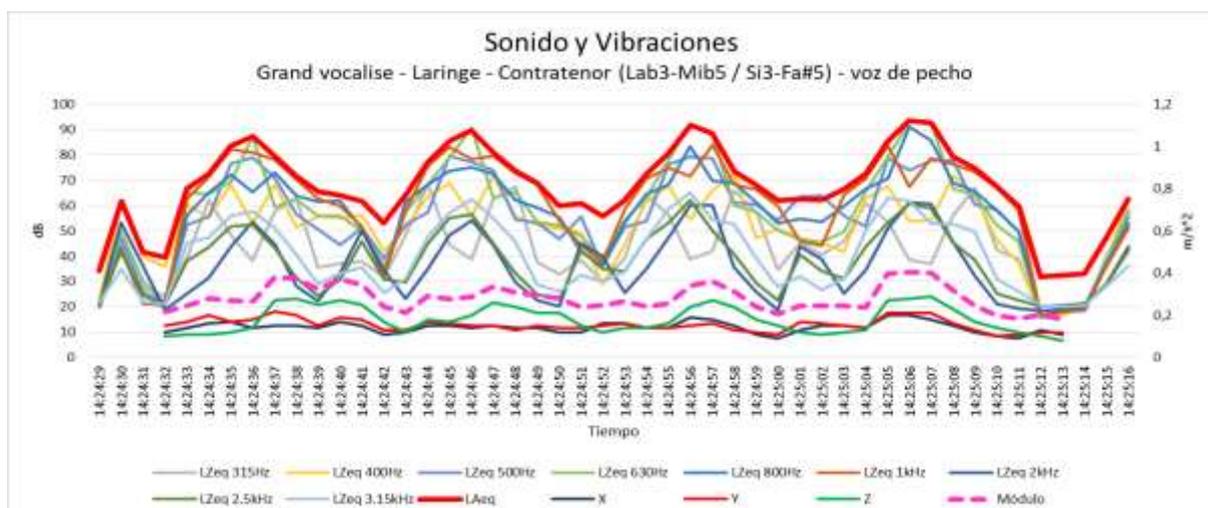


Figura 7.3.18: Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Contratenor.

7.4 EJERCICIO 4: ESCALA MAYOR ASCENDENTE

En los sonogramas de los cinco cantantes entonando una escala mayor ascendente de una octava, se puede ver la intensificación de la energía acústica en el transcurso de las cuatro escalas mayores ascendentes (cada una de más o menos 10 segundos de duración). Una primera congruencia parece ser que, en todas las voces, a mayor altura relativa se observa una mayor “organización” en bandas de frecuencias.

En los espectros de todos los cantantes se observa que, independientemente de la nota que esté cantando, el comportamiento del gráfico refleja la característica de la voz y no de las notas entonadas (prima la característica tímbrica propia de cada voz).

Cada uno de los “ciclos” que aparece en los gráficos de evolución temporal de los niveles sonoros corresponde a una escala ascendente mayor. Las escalas se cantaron en pulsos de negra, por lo que cada segundo de tiempo corresponde a una de las notas de la escala. En general se ve, en cada escala individual, cómo ciertas frecuencias incrementan o disminuyen su energía dependiendo de la nota en la escala. En todos los cantantes se puede reconocer un punto en donde el comportamiento del gráfico cambia, lo que se puede asociar con la cobertura para iniciar el pasaje. Vale recordar que el primer pasaje está vinculado a un ajuste en el mecanismo laríngeo y el segundo pasaje a un ajuste resonancial; en el análisis de los gráficos se hace alusión al segundo pasaje.

Como ya fue observado en los espectros, este cambio no está involucrado con la nota que se está cantando, sino a la forma que adopta el tracto vocal en la emisión del sonido. También se observa un comportamiento similar en las vibraciones. En cada una de las escalas, hay un punto en donde el ciclo de vibraciones se modifica, aumentando su valor. Puede deberse a esa resonancia física, en donde el sistema emisor queda “afinado” con las notas que se están cantando. Esto también puede tener que ver con la entrada al pasaje.

7.4.1 VOZ SOPRANO

Para la soprano las escalas cantadas son La, Sib, Si y Do. Para las dos primeras escalas, la vibración prima en el eje Z, perpendicular a la laringe y en contrafase con las vibraciones en el plano de apoyo del sensor (Figura 7.4.1). A la entrada a las escalas de Si y Do es donde la vibración se incrementa en el resto de las direcciones y entran en fase. Sobre el final del ejercicio, las tres direcciones vibran con patrones y niveles similares, lo que también se manifiesta en el aumento del módulo de la vibración.

En las escalas de Si y Do de la soprano es donde se presenta el mencionado cambio de comportamiento (ajuste resonancial). Las frecuencias que bajan en intensidad son las de 500 Hz y 630 Hz; las que aumentan son las de 1.000 Hz y 2.000 Hz, que son las que tienen el pasaje más marcado; y las que intentan mantener su nivel son 2.500 Hz y 3.150 Hz. Tomando en cuenta el punto donde se da el cambio, la nota del pasaje podría ser Fa, donde a medida que se pasa a la escala siguiente, el cambio se da más tempranamente. La cantante menciona que, a medida que se aproximaba al momento del pasaje, realizaba una cobertura y bajaba la mandíbula para bajar laringe y llegar cómodamente a las notas más agudas. Este comportamiento queda claro en la curva asociada a 1.000 Hz para la escala de Do. Entonces, se observan los dos mecanismos de emisión, uno para las frecuencias bajas y otro para las altas.

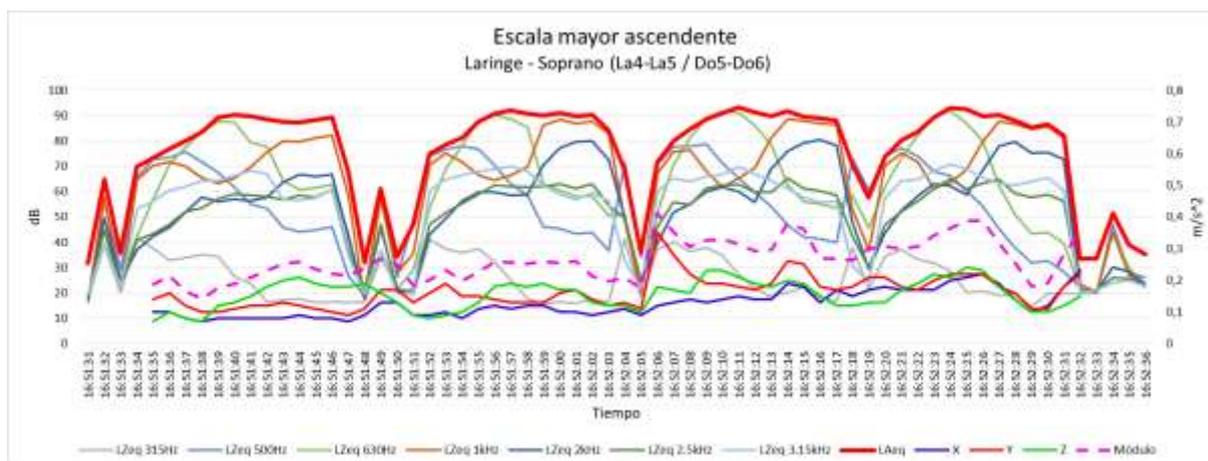


Figura 7.4.1. Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Soprano.

En el punto de Mauran de la soprano (Figura 7.4.2) se observan incrementos en los niveles de vibración, principalmente en el eje X, que en este caso corresponde al eje que, siguiendo la dirección de la nariz, divide el rostro verticalmente. La percepción de la cantante en este punto es que, a medida que se alcanzan las notas más agudas, la vibración aumenta. En el gráfico se observa lo contrario: para las dos últimas notas de las escalas Sib y Do, la vibración disminuye. Esto puede deberse a la forma en la que la soprano coloca los labios (los cuales quedan más estrechos una vez bajada la laringe para alcanzar el pasaje). Se puede concluir entonces que la emisión de la voz en este instante es muy eficiente. Se marca entonces la importancia de la técnica de la cantante.

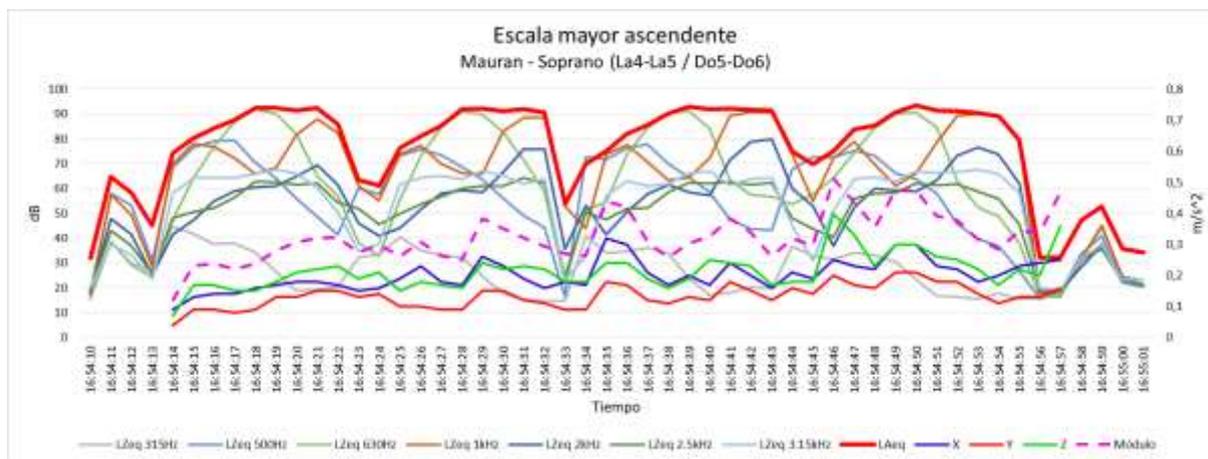


Figura 7.4.2. Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Mauran. Cantante: Soprano.

Otro fenómeno mencionado por los cantantes, es que en general al inicio del canto buscan localizar la vibración en cierto emplazamiento, para enfocarlo en el resonador correspondiente. Los incrementos de vibración que se presentan también pueden asociarse a este emplazamiento. Asimismo, la inhalación también puede ser parte de la vibración que aparece en el inicio de la emisión de la escala.

En el occipital de la soprano (Figura 7.4.3), la vibración perpendicular a la cabeza es la mínima (eje Z). De igual forma se observa un incremento de esta vibración a partir de la tercera escala (en Si). La vibración no aumenta tanto como en la laringe o en el punto de Mauran, pero sí se ve que la mayor vibración se da en el eje Y. Este aumento de la vibración coincide con la sensación propioceptiva de la cantante.

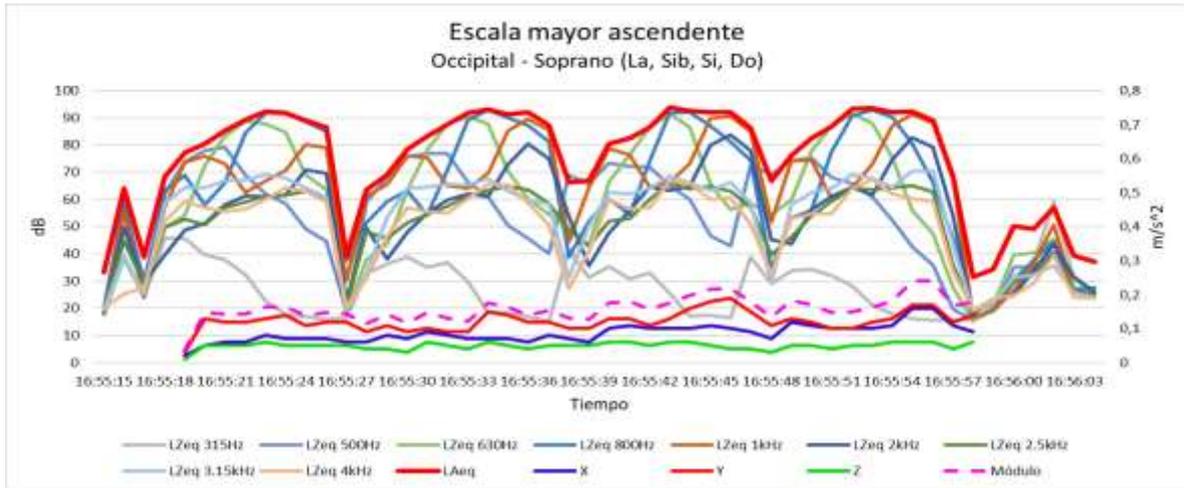


Figura 7.4.3. Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Occipital. Cantante: Soprano.

La soprano manifiesta que realiza un aumento de la presión subglótica, no para aumentar la frecuencia sino para poder ir aumentando la intensidad, imaginando una frase que comienza en mezzo forte y termina en forte. También realiza una dosificación del aire para la correcta realización de la escala hasta el final.

Si bien el incremento de la presión subglótica, aumenta la velocidad de vibración de la mucosa (tono) y su tensión, la intensidad está determinada fundamentalmente por el nivel de presión subglótica, la amplitud de vibración de los pliegues vocales y la configuración del tracto vocal, lo que confiere a la voz una mayor sonoridad. Por lo antes mencionado se justifica que un aumento en la presión subglótica le permita a la cantante ir de un mezzo forte a un forte.

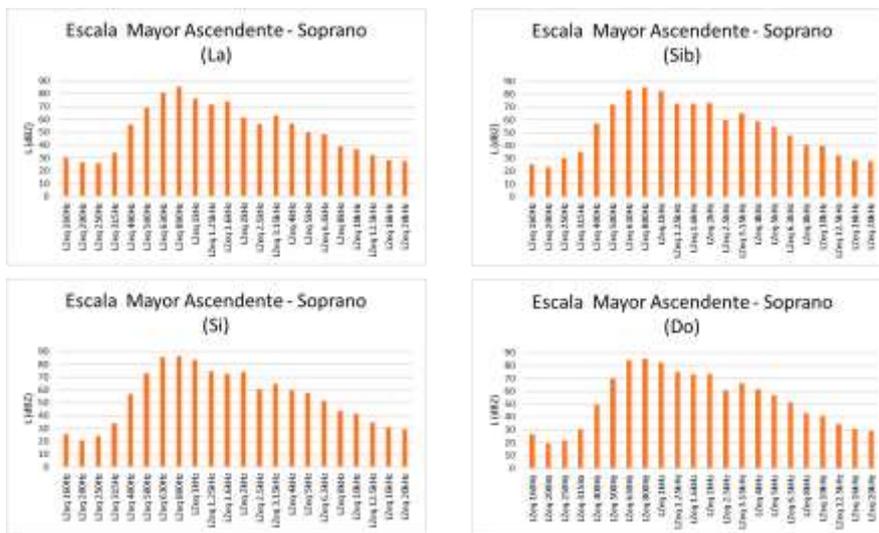


Figura 7.4.4. Composición espectral en BTO. Escala mayor ascendente. Cantante: Soprano.

La nariz es otro punto que vibra de forma similar al punto de Mauran en la soprano. Difieren con la ceja y el entrecejo, que tienen comportamiento similar, lo que concuerda con lo esperado, ya que ambos se encuentran en la misma cavidad.

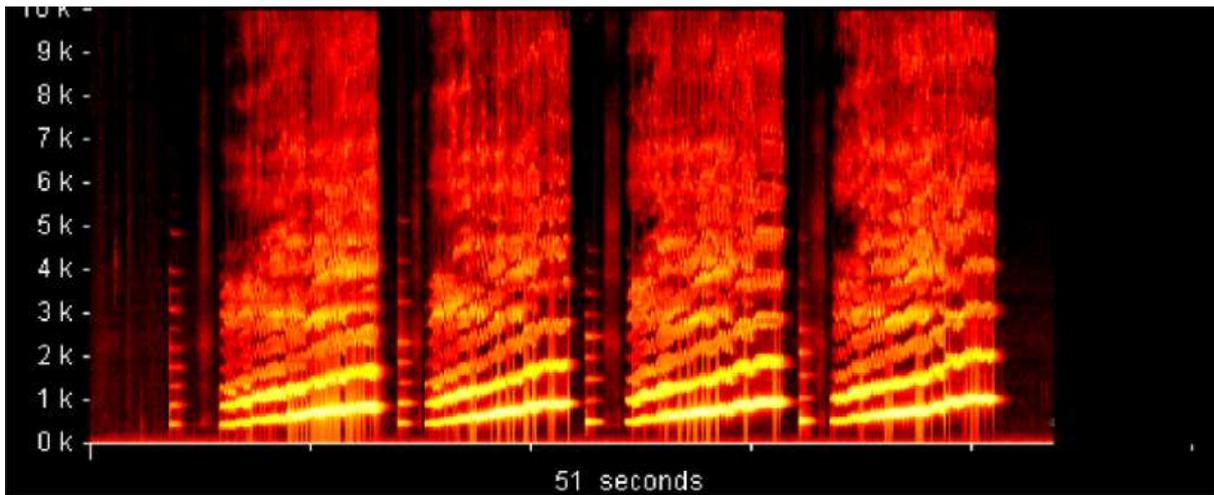


Figura 7.4.5. Sonograma. Escala mayor ascendente. Cantante: soprano.

7.4.2 VOZ BARÍTONO

En el caso del Barítono las escalas cantadas corresponden a las notas: Do#, Re, Re# y Mi. Generalmente se encontró una dirección de vibraciones más marcadas que las otras dos, en el caso de la laringe se da en el plano perpendicular a la misma, para el punto de Maura es el eje de la nariz, mientras que en el occipital la vibración mayor en una dirección ocurre en las dos primeras escalas y después se atenúa bastante. En el malar hay cierta separación entre los tres ejes de vibración, pero siempre la mayor se da en el plano de la cara y no perpendicular a ella. En el entrecejo y ceja hay una separación clara entre la vibración en el plano de la máscara y en un plano perpendicular a ella. En el mastoides, es punto donde se puede observar una mayor homogeneidad, con vibraciones muy bajas. Es en este caso que se evidencia que el cantante no se encontraba exigido, sino todo lo contrario, se nota que estaba cómodo con las notas que cantaba.

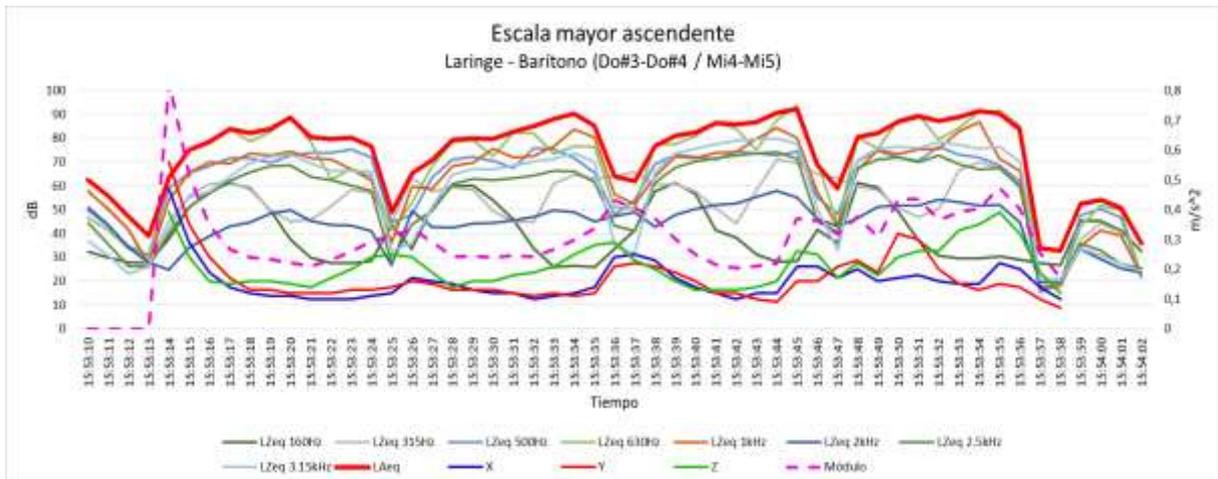


Figura 7.4.6. Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Barítono.

En la Figura 7.4.6 se puede apreciar claramente cómo se separa la vibración según el eje Z (curva verde) del resto de las direcciones. Este comportamiento se repite en la mayoría de los puntos, amortiguándose en algunos casos, con menor separación entre las curvas. Se puede notar el pasaje, observando la curva de 160 Hz. Ésta y la de 200 Hz son las que bajan bruscamente en el pasaje y se

puede identificar ese punto donde cambia el comportamiento. Las frecuencias que “sostienen” el proceso durante el pasaje son las frecuencias del formante del cantante: 3150 Hz, y 2500 Hz, a las que se suma en este caso la curva de 1000 Hz. Nótese que estas curvas no se encuentran demasiado separadas.

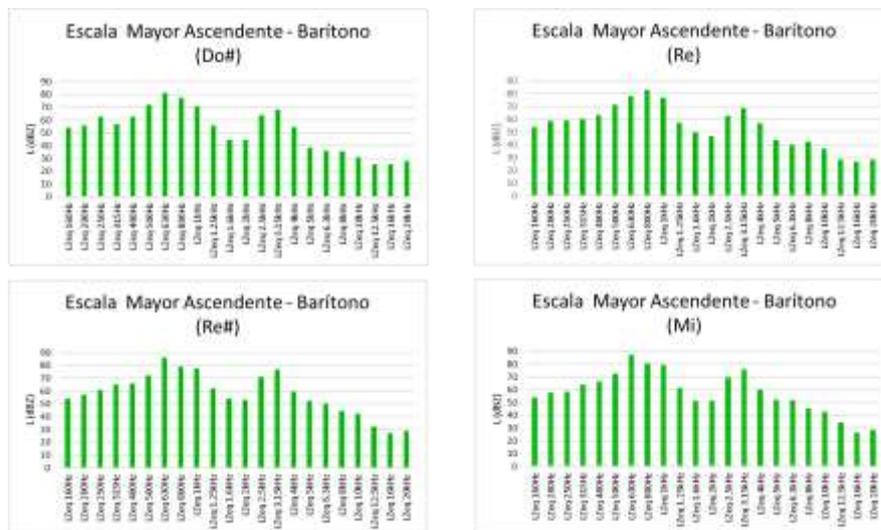


Figura 7.4.7. Composición espectral en BTO. Escala mayor ascendente. Cantante: Barítono.

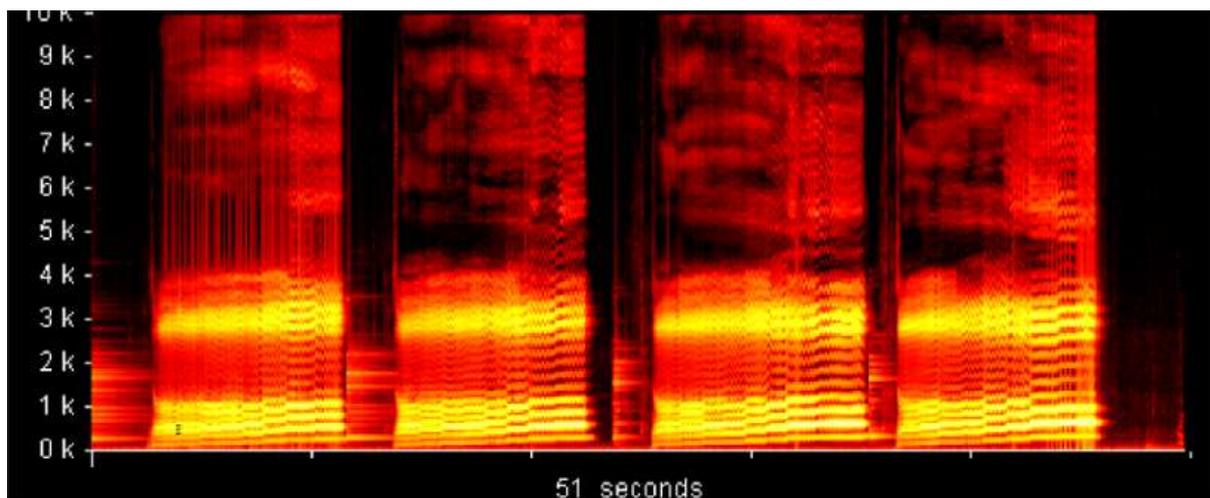


Figura 7.4.8. Sonograma. Escala mayor ascendente. Cantante: barítono.

7.4.3 VOZ TENOR

Las escalas cantadas por el tenor son: La, Sib, Si. Las vibraciones que gobiernan en el gráfico a nivel de la laringe son las vibraciones perpendiculares al plano del cuello, que ocurren en contrafase con las que se dan en el plano de apoyo del sensor. El pico elevado que ocurre entre una y otra escala puede deberse a la respiración (inspiración). También se presentan picos de vibración en el momento del pasaje.

En la Figura 7.4.9 se muestra el gráfico de sonido y vibraciones correspondiente a la laringe.

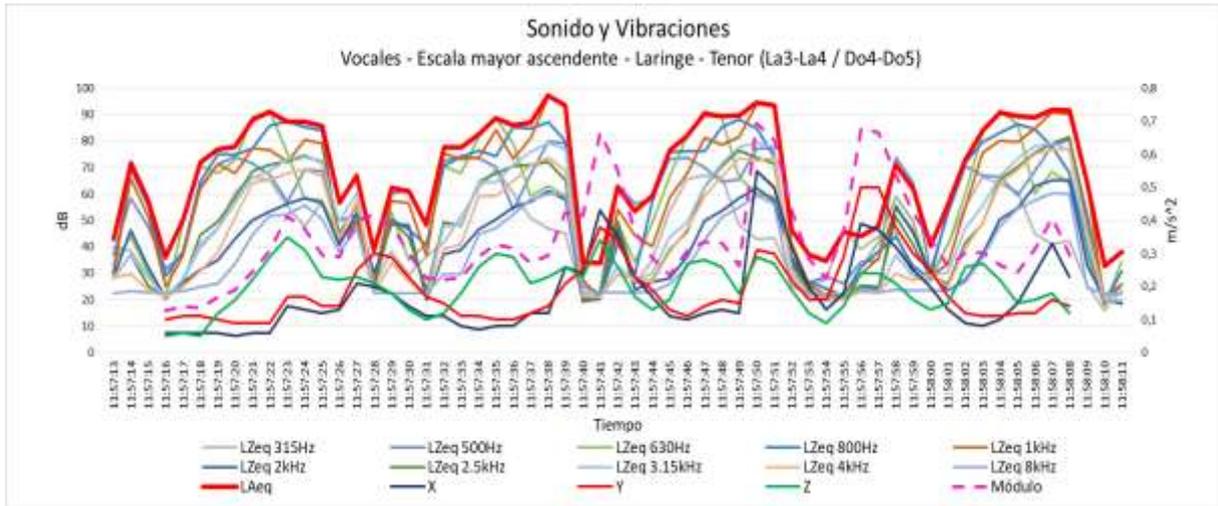


Figura 7.4.9. Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Tenor.

En el esternón la vibración aparece muy controlada. Para el punto de Mauran no se observan direcciones demasiado marcadas para la vibración, encontrándose los tres ejes bastantes juntos, más allá de que hay un momento de aumento en el intervalo de las dos últimas escalas, posiblemente por la inhalación. En el occipital empiezan a incrementarse y separarse las vibraciones que ocurren en el plano de apoyo del sensor y en un eje perpendicular a él. En el malar la mayor parte de las vibraciones se da en el plano mascaral.

Los tenores pueden tener la particularidad, como es el caso, de no aplicar el estrechamiento del tubo epilaríngeo y utilizar un patrón vibratorio diferente al de las voces más graves. En este caso, el cantante prioriza la emisión de agudos potentes y con brillo. En este sentido, se observa un pico alrededor de los 8000 Hz, que se podría relacionar con características de una voz de intenso brillo. La frecuencia de 8000 Hz empieza a tener sentido después del pasaje y luego se estabiliza, en tanto las de 3150 Hz y 4000 Hz se encuentran bastante horizontales (es decir, constantes) en las escalas.

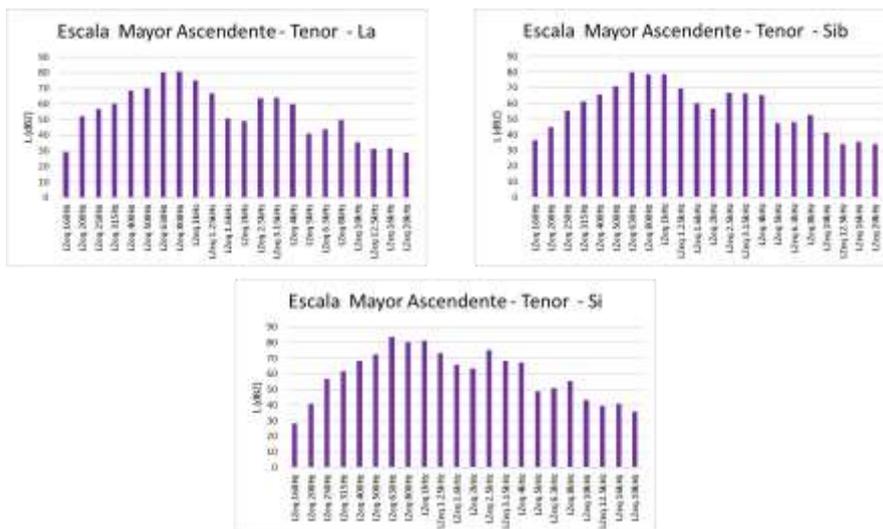


Figura 7.4.10. Composición espectral en BTO. Escala mayor ascendente. Cantante: Tenor.

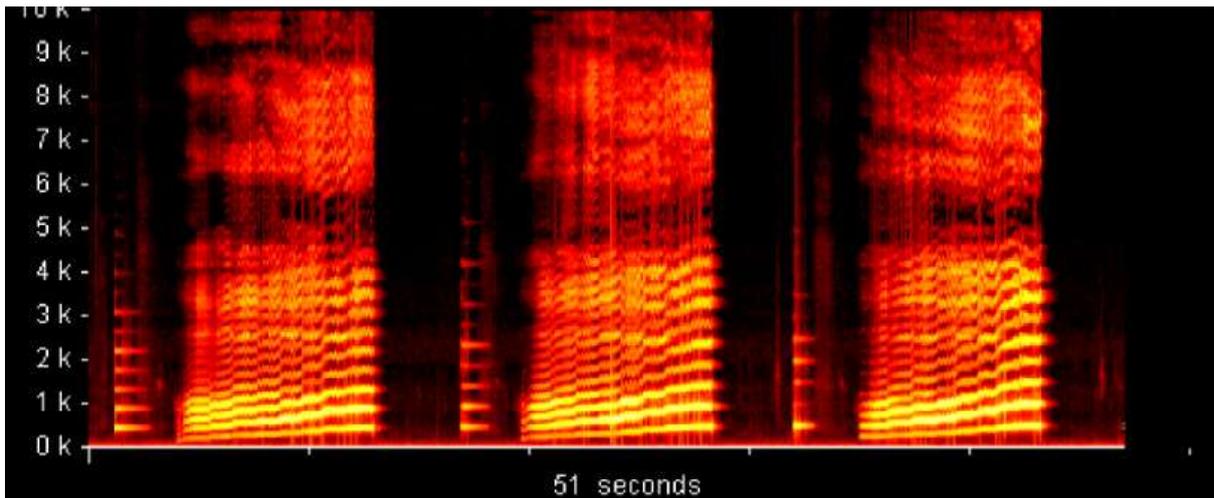


Figura 7.4.11. Sonograma. Escala mayor ascendente. Cantante: tenor.

7.4.4 VOZ MEZZOSOPRANO

En la mezzosoprano se observa un comportamiento muy similar al constatado en el caso de la soprano. La frecuencia de 1.000 Hz actúa de igual forma y luego del pasaje, se elevan las frecuencias de 315 Hz, 500 Hz y 630 Hz, que se comportan igual.

Para el caso de 630 Hz, recién se vuelve significativo en la segunda parte de la escala, después del pasaje. Las frecuencias 2500 Hz y 4000 Hz son constantes que la cantante mantiene tímbricamente.

En el punto de Mauran se pudo ver bastante vibración; se encuentran las frecuencias de 2500 Hz y 3150 Hz como una especie de piso de las otras frecuencias que van a bajar hasta ahí. Particularmente en el malar queda en evidencia que la cantante se encontraba cómoda con las notas, no estaba exigida, a diferencia quizás de lo que sucedía con la soprano. Son vibraciones que están bastantes aplacadas, al estar en una zona cómoda del registro y el no haber ido con una intensidad demasiado grande. De hecho, en todos casos aparecen unos picos bastante aplacados al comenzar.

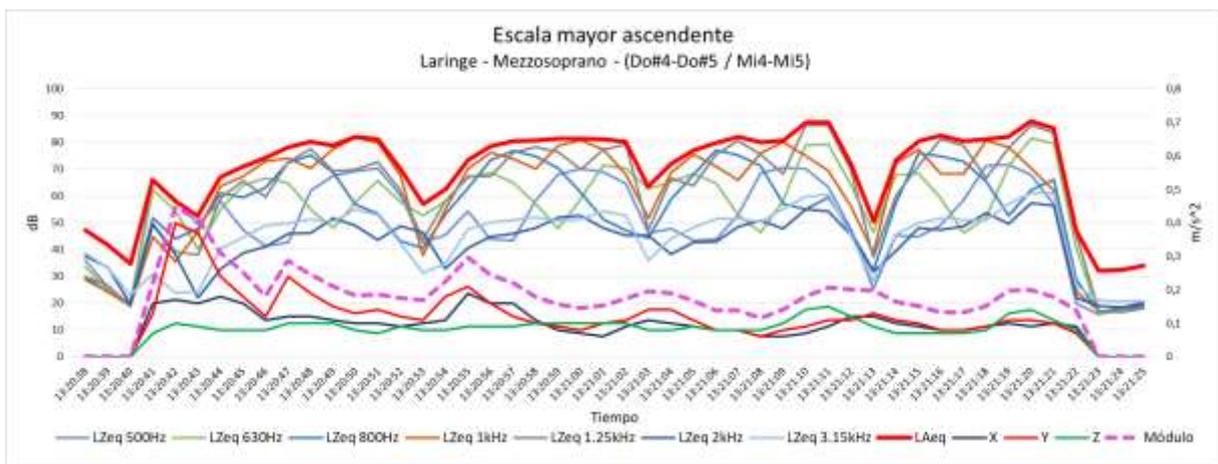


Figura 7.4.12. Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Mezzosoprano.

En el malar todo se desarrolla en el plano de la máscara, sin direcciones preferenciales; algo similar ocurre en el mastoides, en el plano de la cabeza. En la nariz vuelve a separarse el plano de la cara, o sea, hay vibración en el eje perpendicular pero menor que en la que ocurre en la máscara. Y luego se

repite un comportamiento algo similar en el entrecejo. En este caso lo que se puede ver es la diferencia entre lo que son las vibraciones en la máscara y perpendicular al plano mascaral.

Como se puede observar en la Figura 7.1.13 el espectro de mayor zona de interés se encuentra entre 630 Hz y 1000 Hz, mientras que la de la soprano es bastante más amplia, si bien comienza en 630 Hz termina en 2000 Hz. A su vez, para este caso se puede observar un máximo relativo que sería el formante del cantante.



Figura 7.4.13. Composición espectral en BTO. Escala mayor ascendente. Cantante: Mezzosoprano.

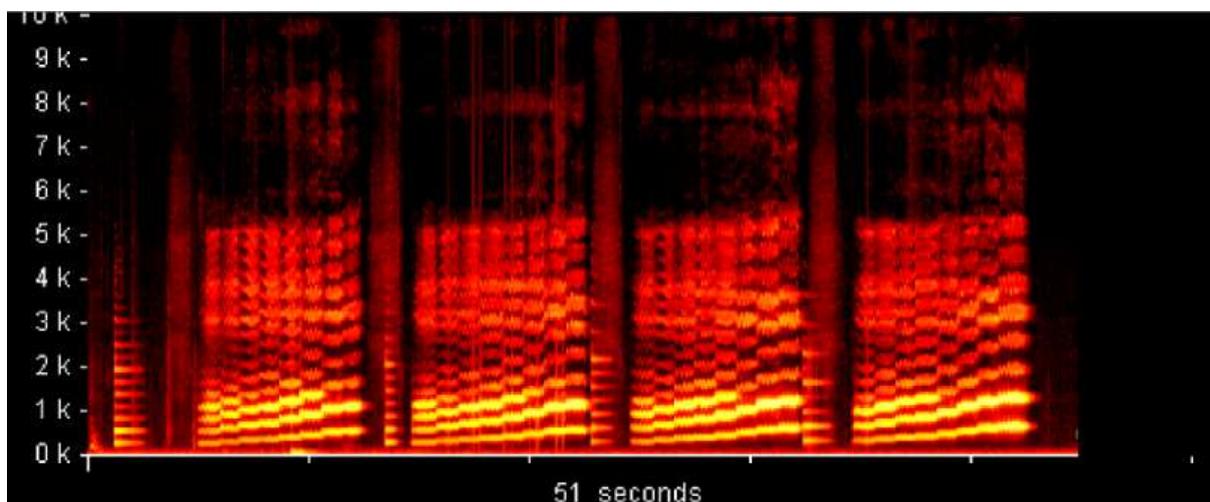


Figura 7.4.14. Sonograma. Escala mayor ascendente. Cantante: mezzosoprano.

7.4.5 VOZ CONTRATENOR

Las escalas cantadas por el contratenor corresponden a las siguientes notas: Do#, Re, Re#, Mi.

Se pudo ver para el caso que son vibraciones muy homogéneas siempre con mayor emisión en la máscara que en el sentido perpendicular, tenemos la curva de dirección x por debajo en los momentos donde hay una mayor vibración, pasa algo similar en el mastoides, pero siempre las vibraciones son muy bajas en el contratenor. Para el caso particular, hay que tener en cuenta que el cantante en el momento de este ejercicio tenía ya un tiempo de “calentamiento” de la voz. Recordando lo que sucedía en la Messa di Voce del contratenor, quizás para el momento de realizado el ejercicio de Escala

Mayor Ascendente la preparación de la voz, la buena vascularización de la musculatura ayudó a obtener un mejor aprovechamiento de la energía. Esto forma parte de la técnica, particularmente para los contratenores.

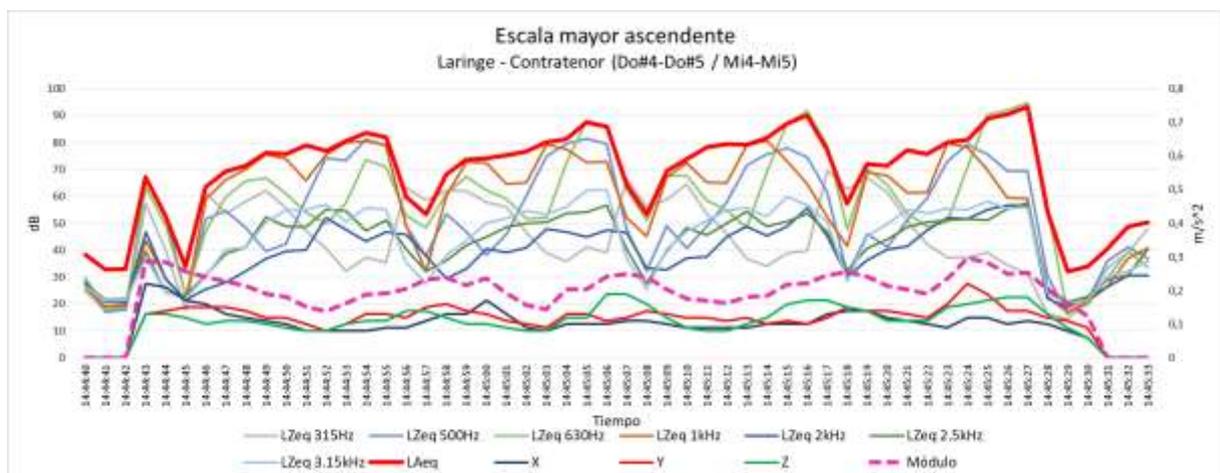


Figura 7.4.15. Evolución temporal de niveles sonoros. Punto de vibración: Laringe. Cantante: Contratenor.

El pasaje se asemeja más al de la mezzosoprano, sube 500 Hz y 630 Hz después del pasaje, con menores vibraciones y un poco menos de energía. En el esternón se puede ver que 2500 Hz y 3150 Hz hacen el piso de este nudo de pasaje, que es donde se bajan rápidamente la frecuencia de 1000 Hz, y 630 Hz antes de subir. Hay un piso de vibración en el momento del pasaje que es lo que sostiene la voz y después tenemos las curvas que suben en desmedro de otras que bajan.

En el comienzo de cada escala, la frecuencia de 3150 Hz es baja. Luego se estabiliza, sin crecer demasiado. Es interesante observar que, cerca de la 3000 Hz, a causa del estrechamiento del tubo epilaríngeo, se observa una vibración que se mantiene constante e independiente de las variaciones tonales que se suceden en el ejercicio. Esto estaría respaldando lo teórico.

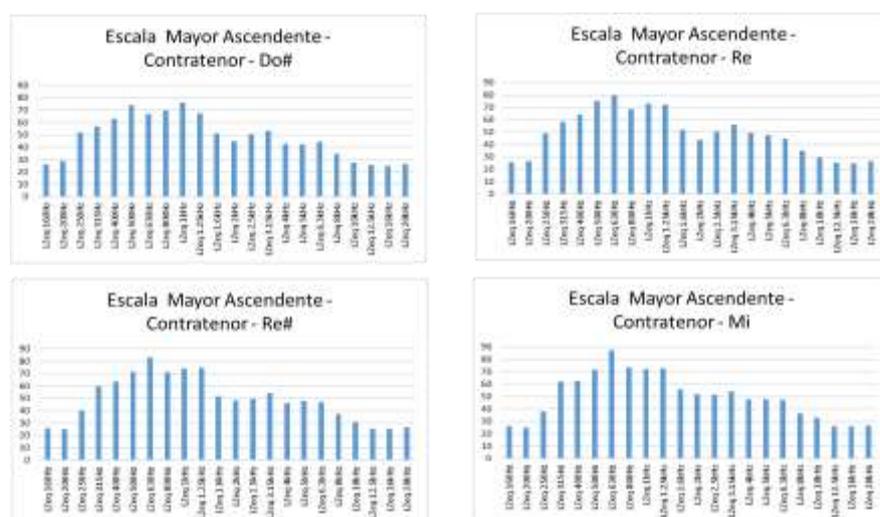


Figura 7.4.16. Composición espectral en BTO. Escala mayor ascendente. Cantante: Contratenor

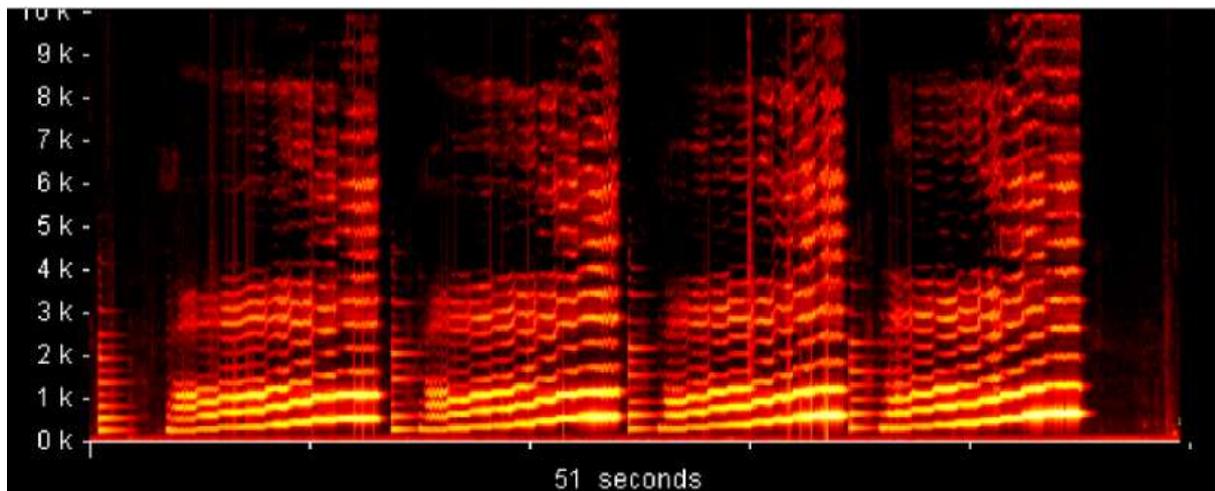


Figura 7.4.17. Sonograma. Escala mayor ascendente. Cantante: contratenor.

8 REFERENCIAS

<http://afiorivocalcoach.blogspot.com/2009/01/registros-de-la-voz.html>

- Arias Monsalve, Sebastián; Azócar Fuentes, M^a Josefina; Edwards Salas, Bernardita; Ortega Villegas, Felipe; Wulf Díaz, Fernando (2008). "Caracterización de la técnica de apoyo respiratorio utilizada por cantantes líricos y actores de teatro". Santiago: Publicación de la Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Fonoaudiología.
- Borregón Sanz, Santos. *"Los trastornos de la voz. Afonía – Disfonía. Exploración, diagnóstico y tratamiento"*. 66 pp.
- Broto, P. (2006). Otorrinolaringología y patología cervicofacial. Editorial Médica Panamericana S.A.
- Calero, A. (2015). *Educación de la voz y el oído*. Editorial Paidotribo.
- Caccini Giulio Le Nuove Musiche Florencia 1601
- Cobeta, Ignacio; Núñez, Faustino; Fernández, Secundino (2013). *"Patología de la voz"*. Ponencia oficial, Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial.
- <https://cursofonetica.files.wordpress.com/2009/05/introduccion3.pdf>
- Darias Concepción, José Luis; González Márquez, Maydelin (2013). *Breve glosario de términos fonéticos*.
- Etxebarria, Maitena (S/A). *"Iniciación a la Fonética acústica"* de (uvP/EHU)
- Fant, G. (1960). *Acoustic Theory of Speech Production*, Mouton Publishers.
- Farías, P. (2007). Ejercicios que restauran la función vocal. Buenos Aires: Librería Akadia Editorial.
- Farias P. (2016). Guía clínica para el especialista en laringe y voz (1ra. ed.). Buenos Aires: Librería Akadia Editorial.
- Fussi Franco (2010). L'attacco vocale e il filato, articoli scientifici 2010. <https://www.francofussi.com/lattacco-vocale-e-il-filato/>.
- García-López, Isabel; Gavilán Bouzas, Javier (2010). *Revisión: La voz cantada*. Acta Otorrinolaringol Esp. 2010; 61(6):441–451

- Garnier M; Henrich N; Smith JR; Wolfe JA, 2010, 'Vocal tract adjustments in the high soprano range', Journal of the Acoustical Society of America, vol. 127, pp.
- Giovanni, A., Lagier, A., Remacle, M. (2010). *FonOMICROCIRUGÍA de los tumores benignos de las cuerdas vocales*. Elsevier Masson SAS.
- Godino, J., & Gómez-Vilda, P. (2013). Notas sobre acústica vocal. In I. Cobeta, F. Núñez & S. Fernández, *Patología de la voz* (1ra ed.). Barcelona: Marge Médica Books.
- Guzmán, M. (2009). *Fisiología de la voz resonante y "colocación de la voz"*. Recuperado de <https://www.vozprofesional.cl/articulos-de-voz>
- Guzmán N., Marco (2010). "Evaluación funcional de la voz". www.vozprofesional.cl Agosto, 2010.
- Guzmán, M. (2010). *Impedancia Acústica del Tracto Vocal*. Recuperado de <https://www.vozprofesional.cl/articulos-de-voz>
- Guzmán, M. (2020). *Estrategias de entrenamiento vocal para cantantes* (Workshop). Santiago de Chile: Open Class Academy.
- Guzmán, Marco Antonio (S/A). "Entrenamiento del vibrato en cantantes. Vibrato training in singers". Rev. CEFAC, São Paulo, 11 pp.
- Hewitt, G. (1986). *Cómo cantar*. Londres: Edaf.
- Hirano, M. (1975). Phonosurgery: Basic and clinical investigations. *Otologia* (Fukuoka) [[Google Scholar](#)]
- Husson, R. (1965). *El Canto*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA).
- Iribar Ibabe, Alexandre (2020). Apuntes elementales de Fonética preparados para el ámbito de la Logopedia. Laboratorio de Fonética, Universidad de Deusto, España.
- Ismodes Riveros, Jesús Fernando (2018). "Colocación de la voz y apoyo diafragmático para mejorar la técnica vocal del canto lírico y el rendimiento académico de los estudiantes de canto". Tesis para obtener el grado académico de Magister en Ciencias: Educación con mención en Educación Superior. Universidad Nacional de San Agustín, Escuela de Artes. Arequipa, Perú, 2018.
- Kob, Malte; Henrich, Nathalie; Herzel, Hanspeter; Howard, David; Tokuda, Isao; Wolfe, Joe (2011). Analysing and Understanding the Singing Voice: Recent Progress and Open Questions. *Current Bioinformatics*, 2011, 6, 362-374. 1574-8936/11, © 2011 Bentham Science Publishers
- Landercy, A. y Renard, R. (1977). *Éléments de phonétique*. Mons - Bruxelles: Centre International de Phonétique Appliquée - Didier.
- Llamazares, Ro (2017). *Voz de cabeza: Qué es y cómo mejorarla?* El método Vocalstudio. Consultado en línea en: <https://vocalstudio.es/2017/10/10/voz-de-cabeza/>
- Llisterri, Joaquín. (2020). *Las características acústicas de los sonidos del habla*. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Llorens Puig, Patricia M^a (2017). *Estudio comparativo de la técnica vocal entre los profesionales españoles del canto del siglo XXI*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Mancini Giambattista "Riflessioni pratiche sul Canto figurato" Milán 1777
- Martínez Celadrán, E., & Fernández Planas, A. (2007). *Manual de fonética española*. Barcelona: Ariel.
- Morales Pettorino, F., & Lagos Altamirano, D. (2000). *Manual de fonología española*. Valparaíso: Universidad de Playa Ancha Editorial.
- McFarland, D. (2008). Atlas de anatomía en ortofonía (1º ed.). Elsevier España.

- Moreno, A. (2018). *Fisiología resonancial: conceptos claves para la rehabilitación vocal*. Vocology Center, Revista Areté. Recuperado de <https://revistas.iberamericana.edu.co/index.php/arete/article/view/1415>
- Morera, C., & Algarra, M. (2006). *Lecciones De Otorrinolaringología Aplicada*. Glosa.
- Murtró Ayats, M. Pilar (S/D). *Bases acústicas de la voz*.
- Murtró Ayats, P. (2009). *Manual de patología vocal*. Editorial UOC, S.L.
- Neira, L. (2013). *Teoría y Técnica de la Voz. El método Neira de Educación Vocal*. (2º ed.). Akadia Editorial.
- Netter, F. (2007). *Atlas de Anatomía Humana* (4º ed.). Barcelona: Masson.
- Noriega Torres, Eder (2002). *La técnica vocal hablada & cantada*.
- Opera World (2014) *El Pasaje de la voz*. Consultado en línea en: <http://www.operaworld.es/>
- Padilla García, Xose A. (2015). *“La pronunciación del español. Fonética y enseñanza de lenguas”*. (1º ed.). Alicante: Sant Vicent del Raspeig: Servei de Publicacions de la Universitat d'Alacant..
- Perelló, J. (1962). *La théorie muco-ondulatoire de la phonation*. Ann Otolarynx.
- Perelló, J. (1982). *Canto - Dicción* (2º ed.). Editorial Científico Médica.
- Quilis Morales, A. (1997). *Principios de fonología y fonética españolas*. Madrid: Arco libros.
- Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española – Edición del Tricentenario*. Consultado en línea en: <http://dle.rae.es/diccionario/>
- Romito, Luciano (2017). *LOS SONIDOS DE LAS LENGUAS. Fonética articuladora, acústica y perceptiva del español, el italiano, el francés, el inglés y el alemán*.
- Rouvière, H. & Delmas, A. (2005). *Anatomía Humana descriptiva, topográfica y funcional* (11º ed.). Editorial LTC.
- Sundberg, J. (1987). *The Science of the Singing Voice*, Northern Illinois University Press.
- Sundberg, J. (1977). *The Acoustics of the Singing Voice*, Scientific American, INC.
- Susanibar, F. (2016). *Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias*, vol 2, Editorial EOS.
- Takemoto, H., Adachi, S., Kitamura, T., Mokhtari, P., & Honda, K. (2006). *Acoustic roles of the laryngeal cavity in vocal tract resonance*.
- Temperan López (1970) *Las Técnicas Vocales*
- Titze, I. (2001). *Interpretación acústica de la voz resonante*. Journal of voice.
- Titze, I. (2008). *Nonlinear source-filter coupling in phonation: Theory*. Journal of the Acoustical Society of America.
- Torres, B. (2013). *La voz y nuestro cuerpo: un análisis funcional*. Revista de Investigaciones en técnica vocal. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/281859366_La_voz_y_nuestro_cuerpo_un_analisis_funcional
- Upledger, J. (2019). *Terapia Craneosacra II* (2º ed.). Barcelona: Paidotribo.
- Urrutia, R. (2006). *“Voz cantada”*. UNIV NAVARRA/VOL 50, Nº 3, 2006, 49-55 Uzcanga Lacabe, MI; Fernández González, S.; Marqués Girbau, M.; Sarrasqueta, L.; García-Tapia
- Van den Berg, J. (1958). *Myoelastic-aerodynamic theory of voice production*. J Speech Hear Res.