MUNDO CIENTIFICO

EL HOMBRE COBAYA

LA RECHERCHE, *versión en castellano*

Nº 118 - Noviembre 1991 525 Ptas

EL ARTE DEL CANTO
LAS BIOTECNOLOGÍAS EN EUROPA
EL CONTROL DEL TRÁFICO URBANO
LA GRAMÁTICA DEL CAOS

00118
9 770211 305003

LOS CÁNCERES DE ORIGEN VÍRICO

LA VOZ EN EL CANTO

POR SU COMPLEJIDAD, EL CANTO CLÁSICO EXIGE MUCHOS AÑOS DE APRENDIZAJE. EL FUTURO ARTISTA LÍRICO NO SÓLO HA DE APRENDER A UTILIZAR SU APARATO VOCAL DE UN MODO TOTALMENTE DIFERENTE AL QUE RECURRE HABITUALMENTE PARA HABLAR, SINO QUE HA DE ADQUIRIR, ADEMÁS, UNOS AUTOMATISMOS NEUROMUSCULARES EXTREMADAMENTE COMPLEJOS SIN LA AYUDA VISUAL O TÁCTIL DE QUE GOZA EL APRENDIZAJE DE LOS DEMÁS INSTRUMENTOS DE MÚSICA.

NICOLE SCOTTO DI CARLO

El funcionamiento del aparato vocal puede asimilarse al de un instrumento de viento. Como él, está formado por tres elementos: un fuelle (en nuestro caso los pulmones), un vibrador (las cuerdas vocales) y un resonador (la cavidad bucofaríngea) (fig. 1).

¿Qué ocurre cuando se habla o se canta? El aire de los pulmones pasa a través de la tráquea, en lo alto de la cual se encuentra con las cuerdas vocales. Se trata de dos músculos parecidos a labios, situados en el extremo superior de la tráquea, paralelamente a su sección. Cada vez que se abren las cuerdas vocales, entra un chorro de aire pulmonar. Estos chorros se suceden a un ritmo más o menos rápido según que las cuerdas vocales vibren más o menos deprisa. Cuanto más rápida sea esta vibración, más agudo será el sonido y recíprocamente. Así, cuando la célebre cantante Mado Robin emitía la nota más aguda que puede alcanzar la voz (re_6), sus cuerdas vocales vibraban 2 349 veces por segundo.

Tras este rápido repaso del aparato vocal, veamos cómo funcionan los tres elementos que lo componen, empezando por el fuelle. La respiración que utilizamos cuando estamos en reposo constituye una actividad refleja que no requiere ningún esfuerzo físico. Su mecanismo es simple: el cerebro envía un mensaje al diafragma para que se contraiga. Esta contracción diafragmática tiene por consecuencia un ensanchamiento del tórax. Al contraerse, aquél baja, arrastrando hacia abajo el fondo de la caja torácica y dilatando simultáneamente las seis últimas costillas a las que está unido. El ensanchamiento de la caja torácica provoca un aumento del volumen de los pulmones (que le son solidarios en la medida en que están unidos a ella por la pleura) creando así una presión intrapulmonar inferior a la atmosférica. Esta situación de vacío relativo dentro de los pulmones provoca una importante entrada de aire y es así como los pulmones se llenan pasivamente. Durante la espiración, la contracción diafragmática se relaja y los pulmones, así como las vías aéreas y la caja torácica, vuelven a contraerse. Este ciclo respiratorio se reproduce unas diecisiete veces por minuto en un adulto en reposo, con una toma de aire del orden de 500 ml en cada inspiración. La práctica del canto exige una cantidad de aire más importante, del orden de 1 000 a 1 500 ml, según los datos de M. Bunch, profesor asociado de la universidad de Delaware,(1) lo cual exige un mayor gasto de energía. La respiración pasa a ser un acto consciente o voluntario. ¿Cuál es su mecanismo? Durante la inspiración, el volumen de los pulmones aumenta en todas sus dimensiones bajo la acción simultánea de varios grupos musculares. La actividad de estos diversos músculos está coordinada con la del diafragma, que al contraerse desciende, aumentando el volumen de la caja torácica. Este movimiento del diafragma empuja hacia abajo y hacia adelante la masa visceral, produciendo una hinchazón de la parte superior del abdomen llamada epigastrio.

La espiración, pasiva en la respiración corriente, se vuelve activa en el habla y voluntaria en el canto, donde hay que controlar con precisión el flujo del aire. Los músculos que intervienen en la

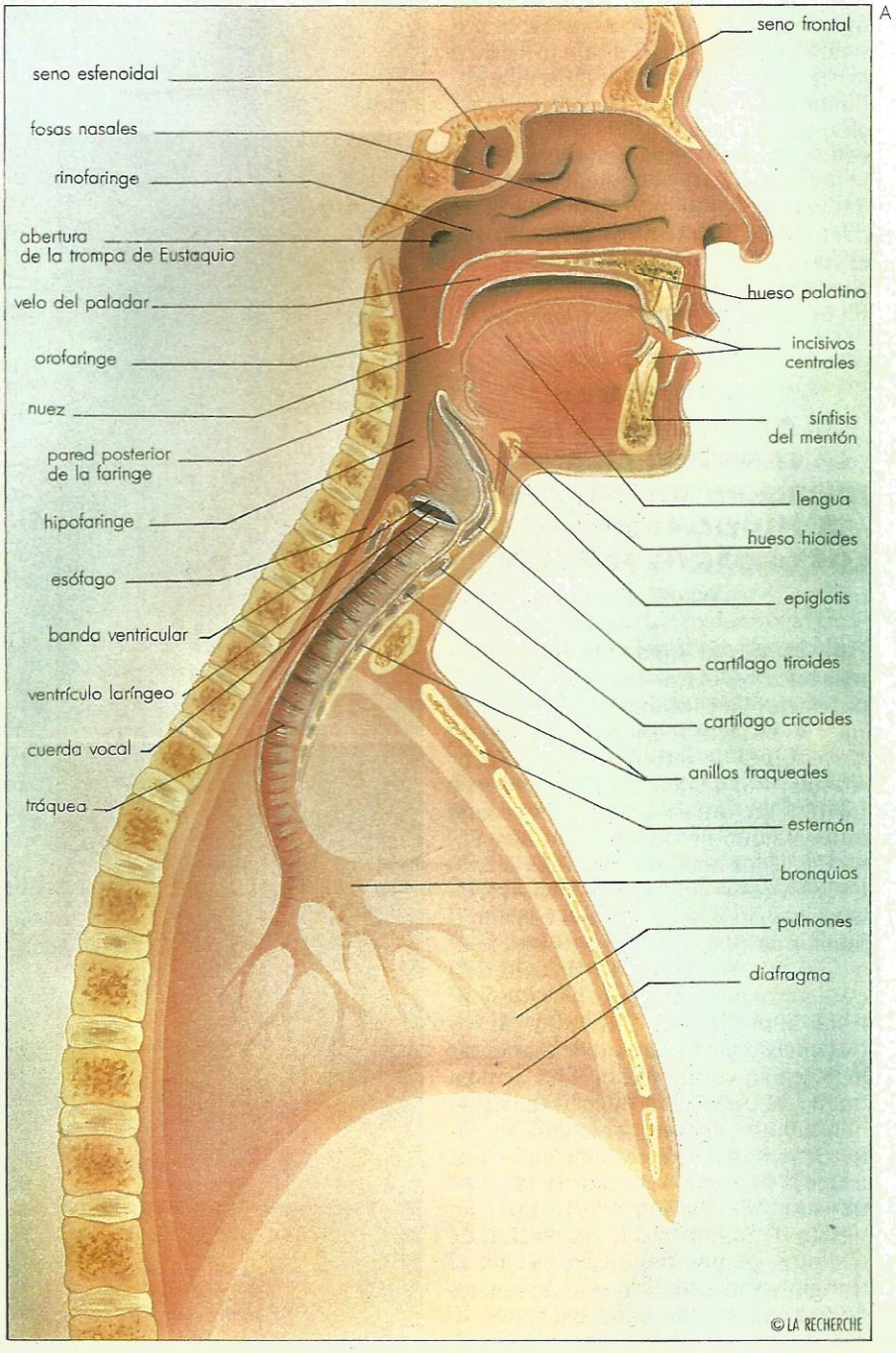


Figura 1. El «aparato vocal» no es, como su nombre podría dar a entender, un aparato específico sin otra función que la de producir sonidos. Está formado por elementos heterogéneos, pertenecientes a los sistemas respiratorio y digestivo, que al principio sólo estaban destinados a asegurar la supervivencia de la especie. Aunque no fue creado para hablar o cantar, el hombre, a lo largo de su evolución, ha conseguido utilizar su voz de un modo cada vez más sofisticado hasta convertirse, en el caso de los cantantes de ópera (B), en un auténtico atleta dotado de gran resistencia y capaz de controlar perfectamente los 196 músculos que requiere la práctica del canto. (Jessye Norman, Stills.)

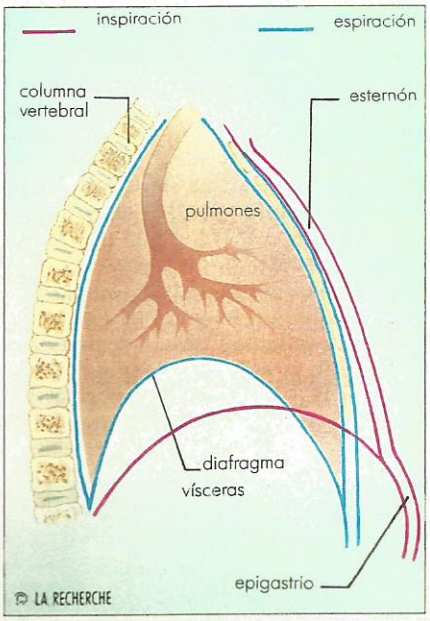
LE DI CARLO,
ctora de
stigación
CNRS, es la
a experta
odología
hay en
cia.
stiga en el
261 y
eña
logía en la
ersidad de
ence.

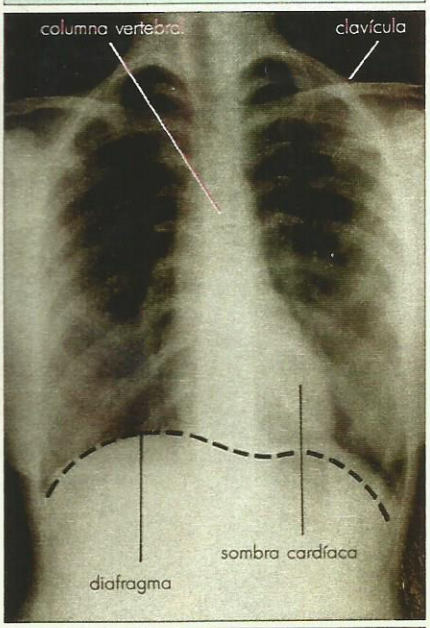
espiración son aquéllos cuya actividad consiste en reducir el volumen de la cavidad torácica, es decir, los músculos abdominales cuya contracción, asociada a la progresiva descontracción del diafragma, expulsa el aire pulmonar al modo de un émbolo (fig. 2).

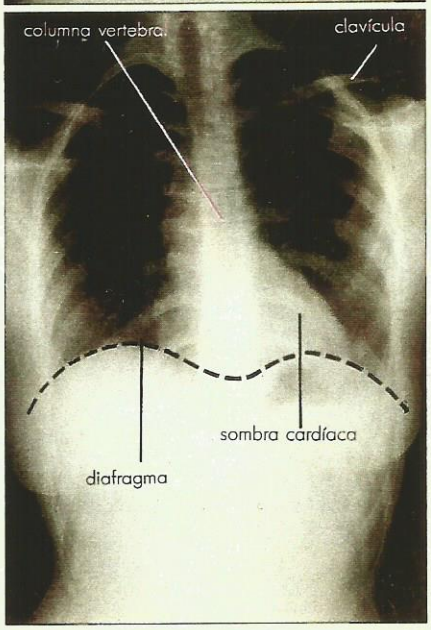
Pero los imperativos del canto exigen una intensidad sonora regular ligada a la presión subglótica, es decir, a la presión del aire pulmonar situado debajo de las cuerdas vocales. A fin de conservar una presión subglótica constante a lo largo de toda la fase espiratoria, el cantante ha de coordinar la acción de los músculos inspiratorios y espiratorios. Como explica Bunch, este delicado equilibrio se logra «manteniendo el mayor tiempo posible la posición inspiratoria de la caja torácica a la vez que se contraen los músculos abdominales y se va relajando la contracción del diafragma». La base de toda educación vocal estriba en el control de la respiración, no para almacenar grandes cantidades de aire sino para saber controlar la espiración de tal modo que el flujo de aire y la presión subglótica sean constantes. Es lo que los cantantes denominan «respiración sostenida».

CÓMO TOMAR RÁPIDAMENTE LA CANTIDAD DE AIRE NECESARIA SIN ENTORPECER EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ÓRGANOS FONADORES

Para cantar, el modo de respiración más eficaz es el que permite tomar rápidamente la cantidad de aire necesaria sin inducir tensiones musculares susceptibles de interferir el buen funcionamiento de los órganos fonadores. La respiración de predominio costal está proscrita porque provoca una elevación de los hombros que exige la contracción de los músculos suspensores de la laringe, lo cual dificulta el funcionamiento de ésta. En razón de su eficacia, el tipo respiratorio más utilizado es el costoabdominal, que permite controlar la presión y el flujo espiratorios y además tiene la ventaja de aumentar la potencia vocal. Wedin[2] ha demostrado que trabajando intensivamente la musculatura abdominal lateral durante cinco días se aumenta de 6 a 7 decibelios la intensidad vocal de sujetos entrenados. G. Cornut, de Lyon,[3] ha puesto de manifiesto la utilización de distintos grupos musculares según el trabajo vocal a realizar. Ha demostrado que «para los sonidos sostenidos, ligados o emitidos con fuerte intensidad,







el cantante de ópera utiliza los abdominales, músculos largos que no permiten movimientos rápidos pero que son indispensables para desarrollar una fuerza espiratoria importante. Por contra, las notas picadas (notas breves, separadas entre sí) requieren el uso de los intercostales, músculos cortos que permiten movimientos rápidos y precisos pero que por sí solos son incapaces de producir la presión espiratoria necesaria para la producción de una nota sostenida o «forte».

Veamos ahora cómo funciona el segundo elemento del aparato vocal: el vibrador. La laringe, que contiene las cuerdas vocales, está situada en el extremo superior de la tráquea. ¿De qué está formada? Justo encima de la tráquea y en su prolongación se encuentra el cartílago cricoides, parecido a un anillo con el engaste hacia atrás. Articulado a este cartílago cricoides se encuentra el cartílago tiroides, cuya prominencia anterior constituye la nuez (fig. 3). Por último, unido de una parte a la laringe, en la base del cráneo, y de otra a la lengua, a la mandíbula, al esternón, a la clavícula y al omóplato, se encuentra el hueso hioides, en forma de herradura abierta hacia atrás, que es el único hueso aislado del esqueleto.

Esta situación privilegiada lo convierte en elemento capital del canto, ya que permite controlar indirectamente la movilidad de la laringe por medio de los elementos anatómicos sobre los cuales se puede actuar conscientemente, como son la lengua, la mandíbula o el occipucio, de las que se puede controlar perfectamente la posición (véase «El arma secreta de los cantantes de ópera», *Mundo Científico*, nº 101 abril, 1990).

Volvamos más detalladamente al cartílago tiroides, que tiene forma de libro abierto hacia atrás y dentro del cual se hallan las cuerdas vocales. Según sea su punto de anclaje, la articulación cricotiroidea permite un movimiento hacia delante del cartílago tiroides o un movimiento hacia atrás del cricoides. El resultado en ambos casos es un

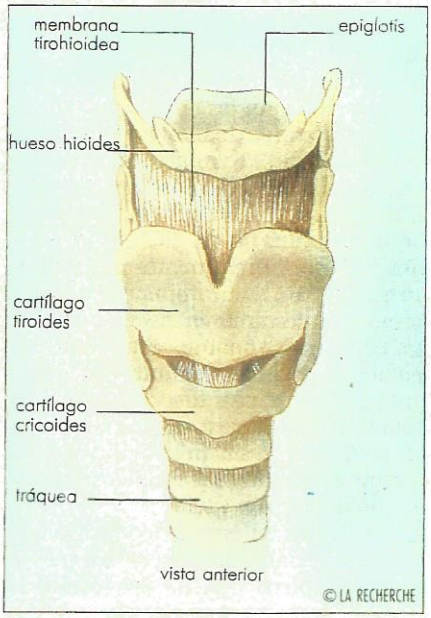
Figura 2. El diafragma es un tabique musculotendinoso, en forma de cúpula asimétrica, que separa el tórax del abdomen. Tiene un papel muy importante en la respiración. En la inspiración desciende, aumentando el volumen de la caja torácica, lo cual provoca una dilatación importante de los pulmones que por lo tanto se llenan de aire. En la espiración, vuelve a subir dentro de la cavidad torácica y comprime la base de los pulmones, expulsando el aire pulmonar a modo de pistón (A). Mientras que en un sujeto no cantante el ascenso diafragmático es del orden de los diez centímetros, en los cantantes profesionales puede llegar a ser de 18 o 22 (B).

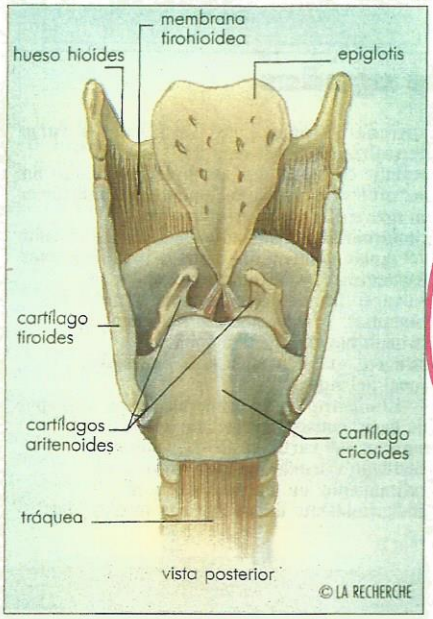
aumento de la tensión longitudinal de las cuerdas vocales que, en consecuencia, vibrarán más deprisa (fig. 4). Las cuerdas vocales están fijadas en su parte anterior al ángulo interno del cartílago tiroides y en su parte posterior a dos pequeños cartílagos triangulares llamados aritenoides que descansan en el engaste o placa del cricoides. Gracias a sus facetas articulares y a los músculos que los mueven, los aritenoides pueden efectuar movimientos de rotación, de traslación y de balanceo como consecuencia de los cuales las cuerdas vocales se acercan o alejan, se espesan o afinan, se tensan o aflojan (fig. 5).

La armazón cartilaginosa de la laringe está dotada de una musculatura intrínseca, o endolaríngea, formada por distintos músculos cuya principal función es la apertura y el cierre de las cuerdas vocales, pero que también modifican la forma y tamaño de éstas (fig. 6). A esta musculatura intrínseca se añade otra extrínseca formada por los músculos suspensores de la laringe, destinada a sujetar ésta dejándole sin embargo la movilidad suficiente para poder efectuar desplazamientos verticales y anteroposteriores durante la respiración, la fonación y la deglución (fig. 7).

El último elemento del aparato vocal es el resonador. Con los medios de investigación actuales, los especialistas en fonación tienen la posibilidad de registrar el sonido a la salida de las cuerdas vocales. Es el llamado sonido laríngeo. A este nivel, el único elemento percibido es la entonación o melodía de la frase. Sabemos por ejemplo si el locutor pregunta o afirma pero lo que dice es totalmente incomprensible. Esta voz en estado bruto se modifica al pasar por las distintas cavidades de resonancia situadas por encima de las cuerdas vocales y acaba convirtiéndose en palabra. Estas cavidades, llamadas supraglóticas, están formadas por la cavidad faríngea, la cavidad bucal y accesoriamente las cavidades nasal o labial. Para las llamadas realizaciones orales, como por ejemplo la vocal «a», el aire pulmonar sale exclusivamente por la boca: el velo del paladar, aplicado contra la pared posterior de la faringe, impide el acceso del aire a las fosas nasales. En cambio, para las llamadas realizaciones nasales, como por ejemplo el sonido francés que se transcribe como «an», el velo del paladar baja y el aire sale a un tiempo por las cavidades nasal y bucal.

La realización de vocales como «u» requiere una importante proyección labial que crea una nueva cavidad de resonancia entre los labios. La modificación de la forma y dimensiones de las cavidades supraglóticas se debe a movimientos de los órganos articuladores (lengua, velo del paladar, mandíbula, labios, faringe, laringe) y permite la formación de las vocales y consonantes, cuya sucesión temporal constituye el lenguaje.





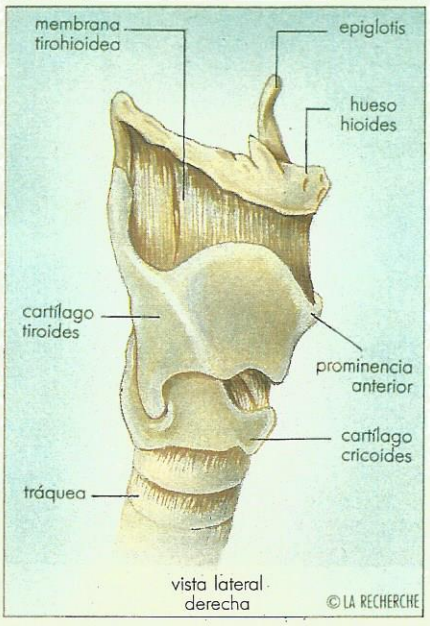


Figura 3. La laringe, situada en el extremo superior de la tráquea, es un órgano extremadamente móvil. La forman distintos cartílagos que, imbricados unos en otros, hacen que al moverse actúen sobre la forma y el tamaño de las cuerdas vocales. Con la edad, la hipercalcificación de estos cartílagos, así como la rigidez articular y la hipotonicidad muscular, reducen la movilidad del conjunto, lo cual, unido a factores neurológicos, conduce a un envejecimiento de la voz. (Según Bunch.)

El canto requiere un conducto vocal completamente libre. La realización de las vocales no plantea mayores problemas, pero la de las consonantes sí. Éstas comportan una obstrucción o un estrechamiento momentáneo del conducto vocal, que constituyen un obstáculo para el movimiento del aire y una ruptura de la continuidad de la línea melódica.(4)

El arte del cantante consiste pues en hallar un equilibrio entre las acomodaciones bucofaríngeas indispensables para una correcta emisión vocal y las modificaciones de la cavidad bucal necesarias para la articulación de los sonidos del lenguaje, exigencias no siempre compatibles e incluso a veces contradictorias...

El arte del canto constituye la culminación de una técnica vocal perfecta cuyo objetivo esencial consiste en que el futuro artista pueda cantar a menudo y durante largo rato sin esfuerzo ni fatiga. No hay que olvidar que ha de actuar varias veces por semana, cantar durante toda una velada, dominar una orquesta de ochenta o más músicos sin sonorización y también someterse a las exigencias de la puesta en escena: andar, correr, arrodillarse, luchar, caer, arrastrarse, etc. Todo ello requiere una excelente técnica vocal así como una resistencia física y nerviosa a toda prueba, para lo cual hace falta un entrenamiento cotidiano intensivo.

El aprendizaje de la técnica vocal puede empezar muy tempramo en el marco de las corales infantiles. No obstante, el trabajo vocal precoz plantea en el muchacho el problema de la muda, siendo la cuestión más controvertida la de saber si hay o no que cantar durante la pubertad. Algunos pedagogos creen que sí se puede a condición de ser prudente en la elección de los ejercicios. Pero la mayoría de foniatras y de profesores de canto son partidarios del reposo vocal absoluto durante toda la muda para no comprometer todo el futuro musical del niño. Según estadísticas recientemente realizadas en Esta-

(1) M. Bunch, *Dyamics of the singing voice*, Springer Verlag 1982.
(2) Wedin, citado en Tarneaud (cf. nº 12).
(3) G. Cornut, *mécanique respiratoire de la parole et le chant*, PUF, 195
(4) N. Scotto Carlo, *Zeitschr für Phonetik*, 3 197, 1981.

dos Unidos, la muda se produce entre los 12 y los 15 años y puede durar de unos meses a unos años. Puede ocurrir que por razones endocrinas la muda quede retardada o falseada, lo cual confiere carácter femenino a la voz del sujeto.[5] En los verdaderos castrados, la muda no se producía, siendo precisamente éste el propósito de la castración. Simplificando, cabe decir que los castrados poseían una laringe infantil sobre unos pulmones de adulto, razón por la cual su voz era muy extensa (más de tres octavas), muy potente y de duración excepcional. El ilustre Farinelli, por ejemplo, podía sostener una nota durante casi dos minutos, mientras que la duración máxima de vocalización para un cantante profesional es del orden de treinta segundos. El trabajo intensivo al que eran sometidos los castrados (de nueve a diez horas diarias) les confería además una agilidad poco común.

Pese a que la castración fue prohibida oficialmente por la Iglesia en varias ocasiones, en particular por Gregorio XIV en el siglo XVI y por Clemente XIV a mediados del XVIII, los castrados siguieron figurando en los coros de la Capilla Sixtina hasta 1903, año en el cual fueron definitamente prohibidos por León XIII. La prohibición hecha a la mujeres de cantar en las iglesias y en los escenarios romanos está en el origen del papel preponderante de los castrados durante casi dos siglos. Tras el abandono de la castración, las mujeres recuperaron sus prerrogativas y les fueron otorgados los empleos correspondientes a sus voces.

La evolución del arte lírico ha llevado a una especialización cada vez mayor de los empleos que ha provocado la aparición de una multitud de categorías vocales. En efecto, si bien es costumbre distribuir el conjunto de voces de los cantantes en seis categorías que son, del agudo al grave, soprano, mezzosoprano y contralto, para las voces femeninas, y tenor, barítono y bajo, para las masculinas, se les ha añadido una multitud de subcategorías cuyas denominaciones tienen en cuenta la tesitura (parte de la extensión vocal en la que el cantante se siente a gusto), la intensidad de la voz, el timbre y el empleo en el teatro. En Francia se utilizan actualmente cerca de ochenta términos para designar los distintos tipos de voz. Así, por ejemplo, la categoría de las sopranos se subdivide en siete subcategorías que son, del agudo al grave: soprano ligera coloratura, soprano ligera, soprano lírica ligera, soprano lírica, soprano granlírica, soprano lírico-spint

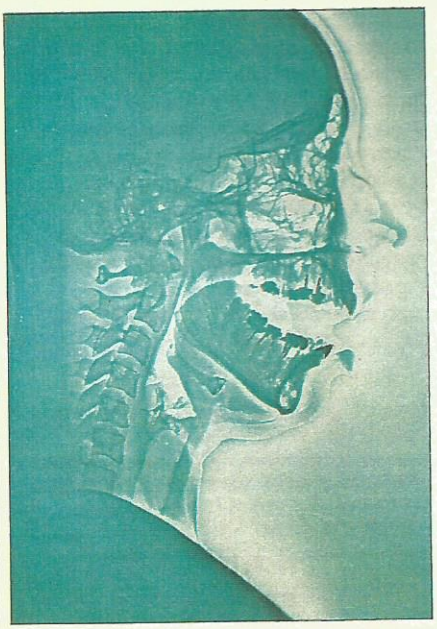
La emisión de las notas agudas

La emisión de las notas agudas es un problema al que todo cantante se ve confrontado en algún momento de sus estudios o de su carrera. Unos pocos privilegiados poseen agudos naturales, pero la mayoría se pasan años buscándolos y algunos los encuentran por casualidad. La literatura lírica abunda en «recetas» de todo tipo que los cantantes se transmiten de generación en generación para adqurir sus agudos o mejorarlos, unas recetas que atestiguan no sólo la importancia que para ellos tiene la cuestión, sino también la confusión que reina al respecto. Los consejos prodigados por los profesores de canto no clarifican mucho el asunto. Se escuchan consignas como: «¡Levanta el velo del paladar!», «¡Baja el velo del paladar!», «¡Abre la boca a lo largo!», «¡Abre la boca a lo ancho!», «¡Pon la lengua plana!», «¡Arquea la lengua», etc. Un trabajo en curso de realización en el seno del URA 261[8] permite constatar que las directrices dadas por los profesores de canto, aunque contradictorias en apariencia, son perfectamente conformes a la realidad fisiológica. La emisión del agudo conlleva dos tipos de modificaciones fisiológicas: las destinadas a facilitar el balanceo tirocricoideo, comunes a todos los cantantes, y las destinadas a adecuar la cavidad bucofaríngea al sonido laríngeo, que dependen de la intensidad vocal del sujeto.

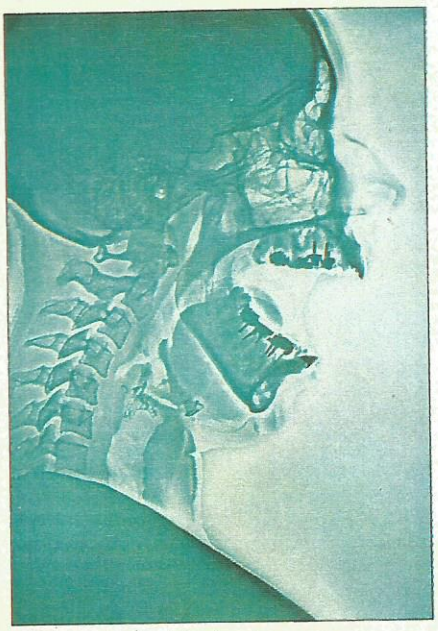
— El objetivo de las primeras, como acabamos de decir, consiste en facilitar el balanceo anterior del cartílago tiroides sobre el cartílago cricoides, el cual provoca un estiramiento, un alargamiento y un adelgazamiento de las cuerdas vocales, que por esta causa se ponen a vibrar más deprisa. Las diferencias más importantes que cabe observar en todos los tipos de voz al emitirse una nota aguda, con respecto a la emisión de una nota grave, son las siguientes: aumento de la apertura bucal, anteriorización de la masa lingual, verticalización del hueso hioides, convexidad posterior de la curvatura faringotraqueal, dilatación del espacio hipofaríngeo, posteriorización de la faringe y de la laringe, posteriorización del raquis cervical (en la que la lordosis fisiológica es sustituida por una cifosis funcional) (véase agudo 1, 2 y 3).

— El segundo tipo de modificaciones fisiológicas está destinado a adecuar las cavidades de resonancia al sonido laríngeo. Estas modificaciones serán distintas, o incluso totalmente opuestas, según que el cantante

1 SOPRANO LÍRICA

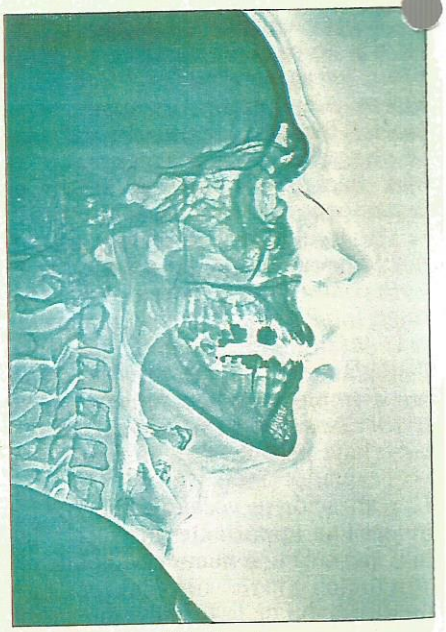


grave [a] sobre do_3



agudo [a] sobre do_5

2 TENOR



grave [a] sobre do_2

y soprano dramática. Igual ocurre en cada una de las demás categorías líricas principales.(6) Por lo que respecta a las voces infantiles, la clasificación se reduce a dos categorías esenciales: las voces agudas o voces de soprano y la voces graves o voces de contralto.

LAS VOCES DE LOS CANTANTES SE DISTRIBUYEN EN SEIS GRUPOS PRINCIPALES. CLASIFICAR A UN DEBUTANTE SIEMPRE ES DIFÍCIL

■

La clasificación de un cantante debutante en una de las seis categorías básicas constituye uno de los problemas más difíciles con el que se enfrentan el profesor de canto, el odólogo (especialista en voz cantada) y el foniatra.(7) Además del timbre y la intensidad vocal, el criterio esencial para clasificar una voz es la tesitura.

Cada individuo dispone de un cierto número de notas que van del infragrave al sobreagudo que puede emitir con mayor o menor facilidad y que forman su extensión vocal. Su tesitura es la parte de la extensión vocal que puede emitir con mayor facilidad. La mejora de la técnica vocal en los estudios de canto tiende a hacer coincidir los límites de la tesitura con los de la extensión vocal, de donde la confusión entre ambos términos. La tesitura media de las voces masculinas es de 2 octavas + 1 tercera y la de las voces femeninas de 2 octavas y media a 3 octavas. (Es de notar que en el habla, las modulaciones de altura que constituyen la entonación raramente rebasan la octava.)

La tesitura se subdivide a su vez en tres registros principales que son: el grave, el medio y el agudo a los que corresponden tres modos de emisión: la voz de pecho para el grave, la voz mixta para el medio y las voces de cabeza y de falsete para el agudo.

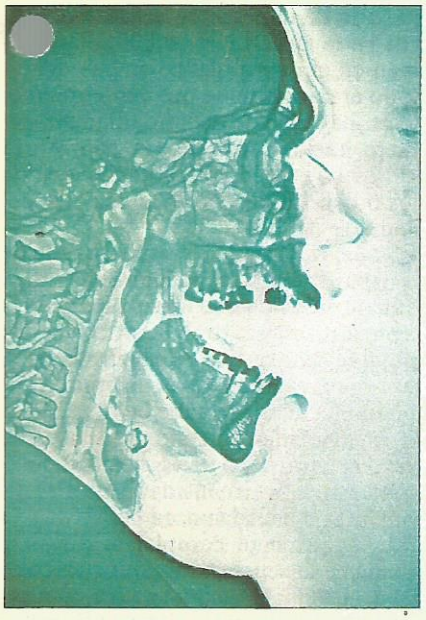
¿Por qué estos calificativos de «voz de pecho» y «voz de cabeza»? Debido a la localización de los que los cantantes llaman las «resonancias». Se trata de sensibilidades internas producidas por las vibraciones internas y transmitidas al esqueleto. Estas sensibilidades internas están situadas a nivel de las paredes torácicas para el grave, de donde la impresión para el cantante de que la voz le «resuena» en el pecho, y en el macizo craneofacial para el agudo, lo

tenga una voz potente o ligera.

— En los cantantes de voz potente, durante la emisión de notas agudas se observa lo siguiente: una importante reducción del bloque laríngeo situado entre la sexta y la séptima vértebras cervicales (C6/C7) (cuando en posición de reposo está al nivel C4/C5 en las mujeres y al nivel C5/C6 en los hombres), un levantamiento del velo del paladar, una bajada de la masa lingual, una apertura bucolabial vertical, una fuerte labialización (proyección anterior de los labios) (véase 2). Todas estas modificaciones fisiológicas corresponden a lo que los cantantes y profesores de canto llaman *«cobertura de los sonidos»*. Desde el punto de vista acústico, la bajada de la laringe, asociada al ascenso del velo del paladar, alarga el tracto vocal (el conducto que va de las cuerdas vocales a los labios). Por otra parte, la bajada de la masa lingual aumenta el volumen de la cavidad bucal, dilatada también por la adjunción de un resonador labial (debido a la proyección de los labios) y por la forma de la apertura bucolabial. Todo ello contribuye a reforzar los armónicos graves y a dar al sonido un timbre oscuro.

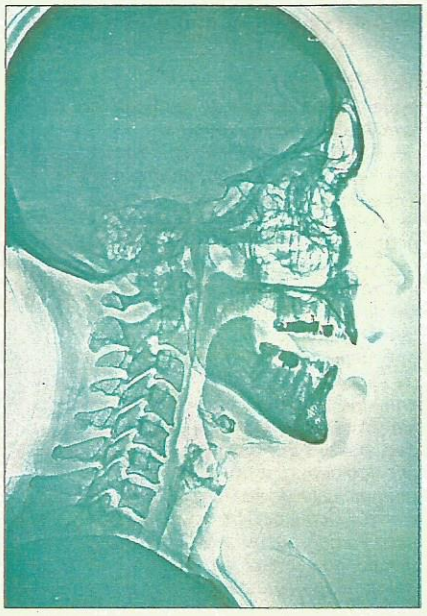
— En los cantantes de débil volumen sonoro, durante la emisión de las notas agudas se observa lo siguiente: una ligera elevación del bloque laríngeo, que pasa a situarse entre C3 y C4, una bajada y una tensión transversal del velo del paladar, una elevación de la parte posdorsal de la lengua, una apertura bucolabial horizontal, un estiramiento lateral de las comisuras labiales (véase 3). En el plano acústico, la elevación de la laringe, asociada al descenso del velo del paladar, provoca una reducción del tracto vocal. La elevación de la parte posdorsal de la lengua reduce el volumen del resonador bucal. Por último, la aplicación de los dientes contra el arco alveolar y el estiramiento lateral de las comisuras labiales provocan la supresión del resonador labial, lo cual, asociado a una apertura bucolabial horizontal, reduce todavía más el volumen de la cavidad bucal. En este caso los armónicos que resultan reforzados son los agudos y la voz tiene un timbre claro. Las técnicas analizadas son dos tipos extremos entre los cuales hay una infinidad de técnicas intermedias. En conclusión, se pueden emitir agudos con el velo levantado, una lengua plana, una apertura bucolabial vertical, una proyección bucolabial importante, si se tiene una voz potente, o con el velo bajado, el dorso de la lengua levantado, una apertura bucolabial horizontal y un estiramiento labial importante, si se posee una voz ligera.

DRAMÁTICO

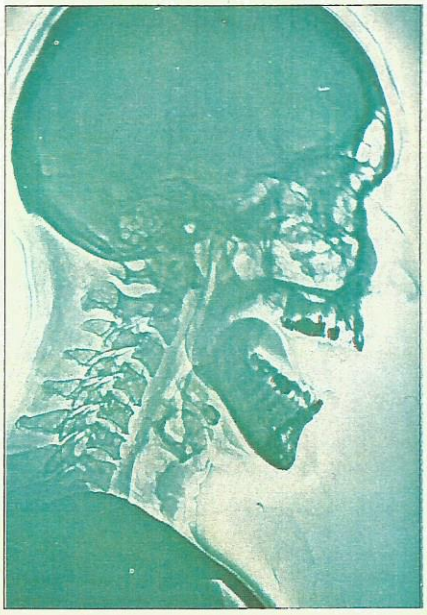


agudo [a] sobre do_4

3 SOPRANO LIGERA COLORATURA



grave [a] sobre do_3



agudo [a] sobre do_5

(5) D. Autesserre y N. Scotto Di Carlo, *Chant et paroles*, Vidéofilm, 1986 (coproducción CNRS/Ministerio francés de Asuntos culturales).
(6) N. Scotto di Carlo, «Le classement et la classification des voix», *Actes de XIe journées de formation post-universitaire de la Faculté de Médecine de Marseille, 2*, 1984.
(7) N. Scotto Di Carlo, *TIPA, 7*, 277, 1980.
(8) N. Scotto Di Carlo, «Les mécanismes physiologiques de l'aigu», a publicar en *Folio Phoniatrica*.

que da al cantante la ilusión de que la voz le «resuena» en la cabeza.
¿Qué función tienen estas sensibilidades internas? Su importancia es grande en el canto pues gracias a ellas los cantantes pueden tener puntos de referencia y medios de control de la emisión más fiables que el control auditivo, sujeto a modificaciones importantes en función de la acústica de las salas.

LA RELACIÓN ENTRE LAS INTENSIDADES SONORAS FÍSICAS Y PERCIBIDAS SON MUY COMPLEJAS

¿Cómo se adquieren estas sensibilidades internas? El oído es la única guía por la cual el profesor orientará al alumno y le enseñará a asociar una imagen auditiva a una sensibilidad interna. Esta práctica basada en reflejos condicionados hace que el alumno adquiera memoria cinestésica, o memoria de los movimientos musculares, y memoria palestésica, esto es, memoria de la localización de las vibraciones más intensas. Ambas son indispensables para el control de la emisión. Mientras la memoria cinesipalestésica no haya sido adquirida, es decir, mientras se utilice sólo la memoria auditiva, los alumnos serán absolutamente incapaces de valorar su propia producción en cuanto se modifiquen las condiciones en las que suelen cantar, por ejemplo, cuando cambie la acústica de la sala. Ello demuestra la importancia de las sensibilidades internas en el control de la emisión (véase «El arma secreta de los cantantes de ópera», *Mundo Científico*, nº 101, abril, 1990).
Una voz bien impostada no sólo es agradable sino que además tiene un alcance que en el plano acústico se traduce en un refuerzo de los armónicos situados en la región de los 3 000 Hz. Es lo que J. Sundberg, investigador del Royal Institute of Technology de Estocolmo,[9] llama el «Singing Formant» y lo que otros antes que él habían llamado «ring». Este «ring» o «Singing Formant», siempre presente en una voz cultivada cualquiera que sea la vocal utilizada, la frecuencia del sonido o su intensidad, permite escapar al efecto de enmascaramiento de la orquesta (cuya energía sonora máxima está situada en torno a los 450 Hz). Los instrumentos como el clarín o la trompeta, de gran alcance sonoro, presentan la misma característica de refuerzo de los armónicos en la zona de los 3 000 Hz. También en el canto del gallo, que, como todo el mundo sabe, se oye desde muy lejos, hay un pico de intensidad importante hacia los 3 000 Hz (fig. 8).[10]
¿Por qué esta región situada cerca de los 3 000 Hz determina el alcance del sonido?
Porque, por una parte, está más allá de la zona de intensidad máxima de los distintos ruidos que constituyen nuestro entorno sonoro y, de otra, corresponde a la banda de frecuencias en la que la agudeza auditiva es óptima. El oído, en efecto, no percibe igual idénticas intensidades sonoras una en el grave y la otra en el agudo. Las relaciones entre la intensidad sonora física y la intensidad sonora percibida son extremadamente complejas; digamos sólo que la sensibilidad auditiva crece de 25 a 3 000 Hz. Para una mejor comprensión de los mecanismos utilizados en el canto para amplificar la voz sin

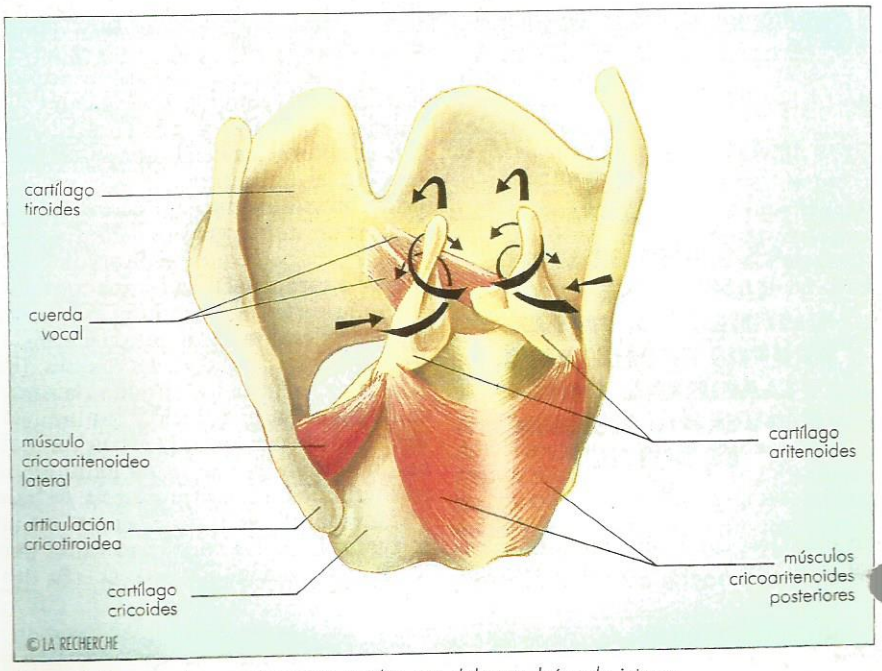


Figura 5. Las cuerdas vocales están unidas por delante al ángulo interno del cartílago tiroides y por atrás a dos pequeños cartílagos triangulares llamados aritenoides situados en la placa del cartílago cricoides. Gracias a sus facetas articulares y a los músculos que las gobiernan, pueden efectuar movimientos de rotación, de traslación y de balanceo que separan o acercan las cuerdas vocales, las hacen más gruesas o más delgadas, las tensan o aflojan. (Según Bouchet-Cuilleret.)

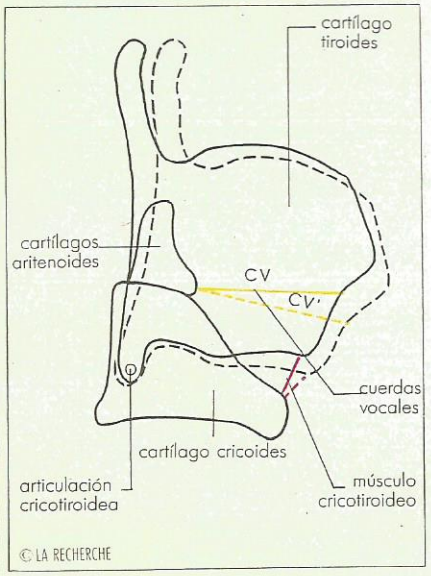


Figura 4. Cuando se emiten notas agudas, las cuerdas vocales, que han de vibrar muy rápidamente, se tensan, se alargan y se adelgazan gracias a un mecanismo fisiológico simple: la contracción del músculo cricotiroideo hace girar el cartílago tiroides alrededor de la articulación cricotiroidea y la inclina hacia adelante sobre el cartílago tiroides que se mantiene fijo, lo mismo que los cartílagos aritenoides. De ahí resulta un alargamiento de las cuerdas vocales (CV' > CV). Pero el cartílago tiroides puede mantenerse fijo. En tal caso es el cartílago cricoides el que, bajo la acción del músculo cricotiroideo, gira hacia atrás y provoca un alargamiento de las cuerdas vocales. Por último, la contracción del músculo cricotiroideo puede provocar simultáneamente el giro anterior del cartílago tiroides y el giro posterior del cricoides, lo cual lleva también a un alargamiento de las cuerdas vocales. (Según Le Huche.)

esfuerzo ni fatiga, consideremos un ejemplo concreto. Si se hace vibrar un diapasión cerca de una caja cuya frecuencia de resonancia es igual a la del diapasión, el sonido de éste, apenas audible en el exterior, es reforzado por la cavidad de resonancia que constituye la caja y se oye perfectamente. Es el principio utilizado en el canto. Sustituyendo el diapasón por las cuerdas vocales y la caja por la cavidad bucofaríngea, para emitir un sonido lo bastante potente sin tener que esforzarse basta adecuar las cavidades de resonancia (a saber, la cavidad faríngea y la cavidad bucal) al sonido laríngeo modificando su forma y por lo tanto su volumen.

Pero cuando se pasa del grave al agudo llega un momento en que las cavidades de resonancia dejan de estar adaptadas al sonido laríngeo y ya no lo amplifican. Hay que reajustar el volumen del resonador bucofaríngeo, readaptarlo al sonido laríngeo. Es lo que los cantantes llaman «efectuar el paso». Cuando se ejecuta correctamente, el paso entre los registros es inaudible y la voz del cantante es perfectamente homogénea de un extremo a otro de su tesitura, hecho que ha llevado a ciertos autores a negar la existencia de registros vocales. El paso más difícil para los debutantes es el que va del medio al agudo. Los dos principales defectos que suelen encontrarse son insuficiencias de la tonicidad muscular, que debilitan y destimbran las notas situadas en los alrededores del paso, y exageraciones de las contracciones musculares, que provocan el llamado «estrechamiento». En este último caso, los sonidos serán chillones o estridentes y el vibrato demasiado rápido.

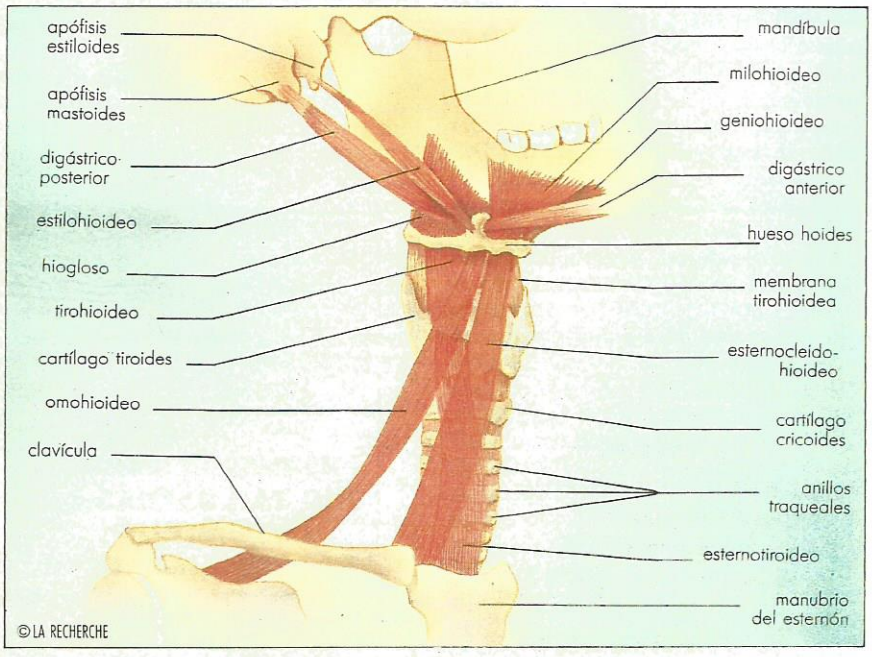


Figura 7. La laringe está unida a las estructuras óseas vecinas por medio de los músculos extrínsecos, a los que se suele dividir en dos grupos: los músculos suprahioideos, que la unen a la base del cráneo y a la mandíbula y los músculos infrahioideos, que la unen a la cintura escapular. Esta red muscular es lo bastante firme como para asegurar la sujeción de la laringe, a la que sólo sostiene la tráquea sobre la cual descansa, y lo bastante flexible como para permitir los desplazamientos verticales y anteroposteriores que efectúa en la respiración, la fonación y la deglución.

EL VIBRATO, BARÓMETRO DE LA SALUD VOCAL, PERMITE QUE LA VOZ EMERJA Y SE DESTAQUE DE LA ORQUESTA

■

El vibrato de la voz cantada está caracterizado por unas variaciones periódicas de frecuencia e intensidad que pueden ser síncronas o en oposición de fase. De ahí resulta un perfecto equilibrio entre las distintas coordinaciones musculares necesarias para la ejecución del gesto vocal, lo cual explica el que sólo aparezca en voces trabajadas y que toda maniobra vocal defectuosa repercuta sobre su calidad. El vibrato se deteriora en caso de mal uso del aparato fonador o con la edad. Los parámetros más afectados son la amplitud (o inter-

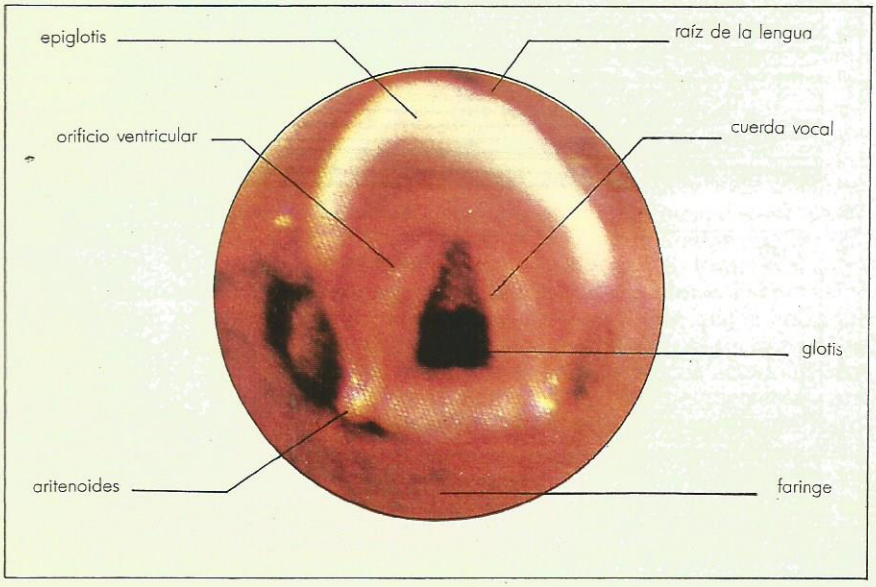


Figura 6. El espacio triangular circunscrito por las cuerdas vocales se llama glotis. La glotis está abierta durante la respiración y durante la fonación se cierra en la dirección del eje mediano, para volver a abrirse a intervalos regulares en función de la vibración de las cuerdas vocales. La epiglotis, que cabe observar en la parte superior de la imagen obtenida por fibroscopia, es un cartílago fibromembranoso en forma de hoja que constituye en cierto modo la «tapadera» de la laringe. Durante el segundo tiempo de la deglución, la epiglotis se cierra sobre la parte superior del cartílago tiroides evitando que el bolo alimenticio penetre en las vías respiratorias. La segunda válvula de seguridad de que estamos provistos es el velo del paladar, el cual se apoya contra la pared posterior de la faringe en el primer tiempo de la deglución a fin de impedir el reflujo de los alimentos hacia las fosas nasales (véase la figura 1). (Fibroscopia realizada por el Dr. Dumon, hospital Sainte-Marguerite, Marsella; Foto J.-P. Simon.)

(9) J. Sundberg, *STL-QPSR, 2/3*, 679, 1972.
(10) N. Scotto Di Carlo y D. Autesserre, *TIPA, 13*, 131, 1989-1990.

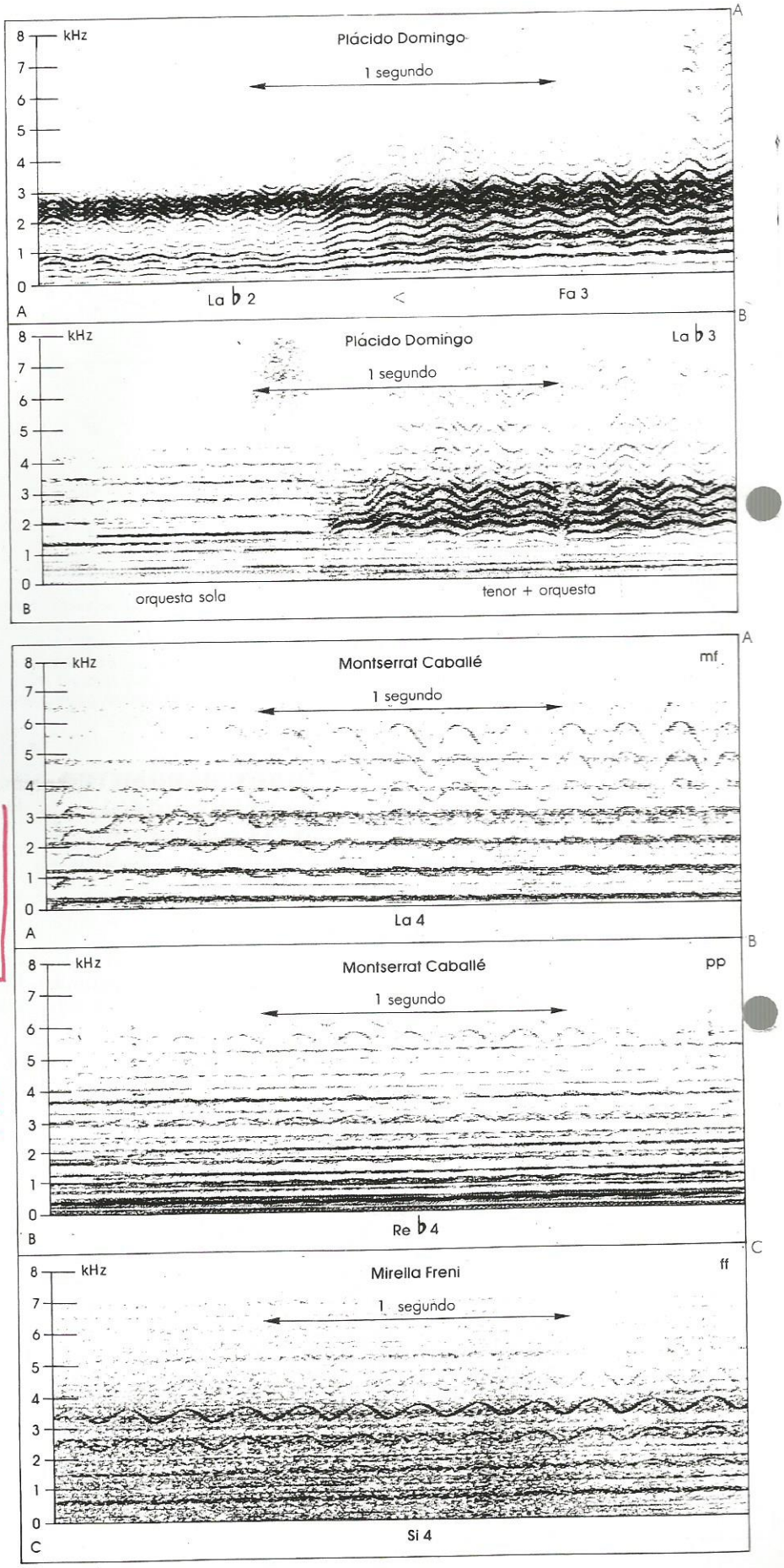
valo musical comprendido entre los valores extremos del vibrato) y la periodicidad (o número de modulaciones de frecuencia por unidad de tiempo): por lo que respecta a la amplitud, la norma se sitúa entre 1/4 y 3/4 de tono. Por debajo de 1/4 de tono, el sonido es mate, duro, desagradable; por encima del tono, el sonido es inestable; se dice que la voz se mueve. Para la periodicidad, la norma está situada entre 5 y 7 periodos por segundo. Por debajo de 5 la voz es vacilante y por encima de 7 hay trémolo.[11]

EL VIBRATO CUMPLE VARIAS FUNCIONES DE CARÁCTER ESTÉTICO Y SIRVE PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO VOCAL

■

Además de este papel de «barómetro de la salud vocal», el vibrato cumple varias funciones: en primer lugar una innegable función estética. Un sonido emitido sin vibrato es desagradable porque resulta duro, romo, mate, destimbrado, inexpresivo. El vibrato también permite desafinar un poco: cuando su amplitud alcanza un semitono, por ejemplo, el cantante tiene un margen de seguridad de medio tono dentro del cual puede permitirse variaciones de altura sin que los oyentes se percaten.

Según E. Leipp, experto en acústica musical y antiguo jefe del laboratorio de acústica de la universidad de París VI,[12] el vibrato también permite cantar menos fuerte: «Se sabe que un sonido fijo exige la contribución de una célula nerviosa específica que se fatiga y que por lo tanto se vuelve cada vez más ineficaz. Con el vibrato, estas células tienen tiempo de recuperarse (periodo refractario) y por esta causa un sonido vibrado parece más intenso que otro que no lo sea». Siempre según Leipp, por último, el vibrato sirve para mantener la eficiencia vocal permitiendo que la voz escape al efecto de enmascaramiento de la orquesta. «En un sonograma que traspone visualmente la realidad percibida, los instrumentos de la orquesta aparecen en forma de un espectro de rayas. La voz con su vibrato emerge y se destaca fácilmente del acompañamiento orquestal (fig. 9). El vibrato permite pues aumentar el rendimiento vocal con menos esfuerzo.»



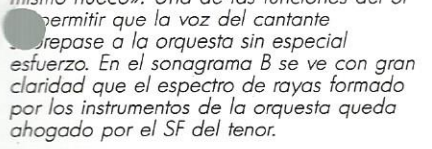


Figura 8. El sonágrafo es un aparato que proporciona el análisis espectral en tres dimensiones de todos los fenómenos sonoros. En el documento obtenido, llamado «sonagrama», la frecuencia se representa en ordenadas y el tiempo en abscisas. La intensidad, por su parte, está indicada cualitativamente por grado de ennegrecimiento del papel. El «Singing Formant» (SF) responsable del alcance de la voz se caracteriza por un refuerzo de los armónicos situados entre 2 000 y 3 000 Hz para las voces masculinas, y entre 3 000 y 4 000 Hz para las femeninas. En los cantantes líricos profesionales siempre está presente, cualquiera que sea la frecuencia y la intensidad del sonido emitido. En el sonagrama A, que representa dos notas cantadas en la vocal [a] por Plácido Domingo, el SF se mantiene a una altura fija pese a un ascenso de sexta acompañada de un crescendo (aumento de intensidad). Los profesores de canto dicen que las dos notas están cantadas «en el mismo hueco». Una de las funciones del SF es permitir que la voz del cantante sobrepase a la orquesta sin especial esfuerzo. En el sonagrama B se ve con gran claridad que el espectro de rayas formado por los instrumentos de la orquesta queda ahogado por el SF del tenor.

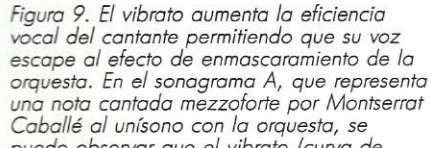


Figura 9. El vibrato aumenta la eficiencia vocal del cantante permitiendo que su voz escape al efecto de enmascaramiento de la orquesta. En el sonagrama A, que representa una nota cantada mezzoforte por Montserrat Caballé al unísono con la orquesta, se puede observar que el vibrato (curva de aspecto sinusoidal) se destaca muy netamente del espectro de rayas formado por los instrumentos, lo cual significa que la voz de la soprano se oye perfectamente pese a la elevada intensidad sonora desplegada por la orquesta. El sonagrama B corresponde al análisis de uno de los célebres pianissimi de Montserrat Caballé con acompañamiento orquestal mezzoforte. También aquí es el vibrato lo que hace posible que la voz de la cantante se oiga desde el fondo de la sala. El sonagrama C representa una nota emitida fortissimo por Mirella Freni sobre un acompañamiento de orquesta fortissimo. En tal caso, el vibrato y el SF son los elementos que permiten que la voz de la cantante supere fácilmente a la orquesta.

En medida en que refleja una utilización correcta del aparato vocal, el vibrato permite al profesor de canto diagnosticar ciertos defectos del alumno, especialmente los que tienen que ver con la coordinación entre la respiración y la fonación. Al contrario de lo que cabría pensar, el rendimiento vocal (representado por el cociente eficacia/fatiga) no depende del buen funcionamiento de cada uno de los tres elementos del aparato fonador (fuelle pulmonar, vibrador laríngeo, resonador bucofaríngeo) sino que resulta de una perfecta coordinación entre estos tres niveles. La coordinación entre la respiración y el funcionamiento laríngeo, que J. Tarneaud, antiguo laringólogo del Conservatorio nacional de música de París,(13) llamaba «coordinación neumofónica» permite una regulación muy fina de la presión subglótica en función de la frecuencia y la intensidad del sonido emitido y por lo tanto un suministro laríngeo correcto. La acomodación de las cavidades de resonancia al sonido laríngeo, llamada por Tarneaud «adaptación fonorresonántica», sería responsable de la calidad acústica del sonido, especialmente por lo que concierne al timbre y al color.

PARA APRENDER A CANTAR HAY QUE OLVIDAR LOS AUTOMATISMOS DE LA PALABRA Y ADQUIRIR UNAS COORDINACIONES MUSCULARES MUY COMPLEJAS

■

Para lograr que el alumno realice todas las coordinaciones neuromusculares necesarias para el aprendizaje del canto, el profesor utiliza una serie de metáforas que raramente coinciden con la realidad fisiológica, pero que generalmente permiten al alumno la comprensión de lo que se espera de él. Pero en la medida en que no posee ningún medio de actuar conscientemente sobre ciertos elementos del aparato vocal, como por ejemplo el diámetro faríngeo, la posición del velo del paladar o la de la laringe, consignas del tipo de: «¡Abre la faringe!» «¡levanta el velo!» o «¡baja la laringe!» plantean enormes problemas al cantante debutante. No obstante, tras unos cuantos años de estudio el alumno será perfectamente capaz de ejecutar estas consignas. ¿Cómo se logra adquirir gestos o movimientos que escapan totalmente al control voluntario y que además requieren unos ajustes musculares extraordinariamente precisos? Las recientes investigaciones de psicología experimental sobre aprendizajes motores relatadas por M. Denis, N. Chevalier y S. Eloi, del Centro de estudios de sicología cognitiva de Orsay,(14) demuestran que el hecho de imaginar que se ejecuta un movimiento se acompaña de una actividad neuromuscular subliminal (detectable por electromiografía) a nivel de los músculos implicados en la ejecución de dicho movimiento.

Una de las hipótesis sugeridas para explicar el que la repetición mental de un gesto o de un movimiento favorezca su ejecución efectiva y mejore la prestación supone que esta actividad muscular deja una huella del movimiento que primero se registra y luego se almacena en forma de imagen cinestésica y se reutiliza al ejecutar el movimiento real. Cabría suponer, pues, que en la ejecución de movimientos independientes del control voluntario, como en el caso del canto, el programa motor, activado por la representación mental del movimiento a realizar, acaba por ejecutar éste.

La gran dificultad del aprendizaje del canto se debe a la necesidad de hacer abstracción de los automatismos utilizados en el habla y adquirir unas nuevas coordinaciones neuromusculares extremadamente complejas, sin la ayuda visual o táctil de que goza el aprendizaje de los demás instrumentos de música. A esta dificultad se añade la búsqueda constante de un delicado equilibrio entre la estética del sonido y la inteligibilidad del texto cantado. Pero es precisamente la facultad de asociar la palabra a la música lo que hace de la voz humana el más completo y emocionante de los instrumentos. ■

PARA MÁS INFORMACIÓN:

■ Y. Barthélémy, *La voix libérée*, Laffont, 1984.
■ M. Bunch, *Dynamics of the Singing Voice*, Springer-Verlag, 1982.
■ G. Cornut, *La voix*, PUF, 1986.
■ R. Cross, *La voix dévoilée*, Romillat, 1991.
■ C. Dinville, *La voix chantée*, Masson, 1982.
■ M.L. Dutoit-Marco, *Tout savoir sur la voix*, Favre, 1985.
■ R. Miller, *The structure of Singing*, McMillan, 1986.
■ J. Pierlot, *Le Chant*, Denoël, 1983.
■ M.C. Pfauwadel, *Respirer, parler, cahnter, Le Hameau, 1981.*
■ L.J. Rondeleux, *Trouver sa voix*, Seuil, 1977.
■ J. Tarneaud, *Traité pratique de phonologie et de phaniatrie*, Maloine, 1961.

(11) N. Scotto Di Carlo. «Le vibrato de la voix chantée: production, perception, pathologie», artículo de admisión en el Colegio Internacional de Médicos de Teatro, Nueva York, 1974.
(12) E. Leipp, *Acoustique et musique*, Masson, 1971.
(13) J. Tarneaud, *Traité pratique de phonologie et de phoniatrie*, Maloine, 1961.
(14) M. Denis, N. Chevalier y S. Eloi, «Imagerie et répétition mentale dans l'adquisition d'habiletés motrices», documento del Centro de estudio de psicología cognitiva de Orsay, Universidad de Paris-Sud, 11, 1988.