

INVESTIGACION *y* CIENCIA

PUENTES PREFABRICADOS

LA VOZ HUMANA

ATOMOS DE ANTIMATERIA

Edición española de

**SCIENTIFIC
AMERICAN**



INTERCEPTOR RADICAL

FEBRERO 1993
700 PTAS.

Aula de Canto Fernando Bañó

La voz humana

La fisiología de la voz no empezó a conocerse bien hasta el advenimiento de técnicas innovadoras, gracias a las cuales contamos, además, con una mejor atención y tratamiento de ese recurso humano

Robert T. Sataloff

Veinte años atrás, la voz humana constituía todavía un misterio. Se conocía muy mal su fisiología y no se sabía cómo cuidarla, pese a siglos de fascinación de la sociedad ante las demostraciones excepcionales de cantantes y actores, por no recordar la importancia decisiva de la comunicación oral entre los hombres. Los estudios sobre la voz y, en particular, sobre el cuidado de la voz profesional eran escasos; además, en la exigua bibliografía existente apenas si se abordaba la fisiología de la voz.

Magra era también la situación de la terapéutica. Se cuestionaban los tratamientos extraquirúrgicos de los problemas benignos sufridos por las cuerdas vocales, por cuya razón se solía extirpar las capas superficiales de la cuerda vocal para eliminar procesos patológicos benignos, dando por supuesto que un tejido sano neoformado repararía la extirpación, pero el resultado eran ronqueras permanentes.

En esa época aparece una nueva especialidad médica. Espoleados por el interés en los problemas de la voz de cantantes y actores, los avances científicos y técnicos elevaron el nivel de atención a todos los que tenían complicaciones en la voz. En ese paso hacia delante intervinieron profesionales de origen dispar, que hablaban, a primera vista, lenguajes muy distintos. La Fundación para el Estudio de la Voz, instituida por el médico neoyorquino Wilbur James Gould para fomentar esa convergencia, celebró su primer simposio en

1972; participaron en el mismo laringólogos, patólogos, fisiólogos, maestros de canto y otros profesionales del canto y del teatro. Del intercambio de ideas allí ocurrido salieron nuevos proyectos conjuntos de investigación, nuevas colaboraciones y notables progresos.

Transcurridos veinte años, pueden recibir ya una esmerada atención médica y terapéutica el cantante con problemas, el político en período electoral, el fumador afónico o el vendedor de voz fatigada. Asistencia que es resultado del conocimiento cada vez mayor que se va adquiriendo de la fisiología de la voz.

La emisión de la voz se debe a la acción coordinada de muchos músculos, órganos y otras estructuras del abdomen, tórax, cuello y cara. En realidad, casi todo el cuerpo influye en la voz, directa o indirectamente. Para hacernos una idea de la patología del órgano vocal, se impone un breve viaje por este complejo y delicado mecanismo. La primera estación, y la parte más conocida, es la laringe u órgano de la voz.

La laringe consta de cuatro componentes anatómicos básicos: el esqueleto cartilaginoso, los músculos intrínsecos, los músculos extrínsecos y la mucosa o capa blanda. Las partes principales del esqueleto laríngeo son el cartílago tiroideos, el cartílago cricoides y los dos cartílagos aritenoides. Los músculos extrínsecos conectan estos cartílagos a otras estructuras del cuello; los músculos intrínsecos se alojan dentro de los mismos cartílagos.

Un par de músculos intrínsecos se extiende desde los cartílagos aritenoides hasta el ángulo del cartílago tiroideos, justo debajo y detrás de la nuez de Adán. Estos músculos tiroaritenoides forman la masa de las cuerdas vocales; el espacio entre ellas es la glotis. En las cuerdas vocales se halla normalmente el origen de la voz humana.

Los músculos intrínsecos pueden cambiar las posiciones relativas de los cartílagos y tirar de ellos a través de una gama de movimientos. Estos cambios alteran la forma, posición y tensión de las cuerdas vocales suspendidas. El músculo crico-tiroideo, por ejemplo, participa en el control de la agudeza de tono al reforzar la tensión longitudinal (estiramiento) de las cuerdas vocales.

Los músculos extrínsecos suben y bajan el esqueleto laríngeo. El efecto de acordeón resultante cambia los ángulos y distancias entre los cartílagos y altera la longitud en reposo de los músculos intrínsecos. La laringe presenta una tendencia natural a subir y bajar a medida que el tono de voz asciende y desciende. Tales ajustes de posición, muy grandes, dificultan el control adecuado sobre las cuerdas vocales que se requiere en la voz normal. Por esta razón, los cantantes de piezas clásicas que han educado su voz aprenden a usar los músculos extrínsecos para mantener el esqueleto laríngeo a una altura constante, sin tener en cuenta la agudeza de la voz. Esta técnica proporciona una calidad vocal uniforme en toda la gama del cantante.

Los delicados tejidos que recubren el interior de la laringe son muy complejos. La mucosa forma la superficie, delgada y lubricada, de las cuerdas vocales; las pone en contacto cuando se cierran. La mucosa que tapiza las cuerdas vocales difiere de la que reviste el resto de la laringe y el tracto respiratorio: se trata de un epitelio escamoso y estratificado,

ROBERT T. SATALOFF, profesor de otorrinolaringología en la facultad de medicina de la Universidad Thomas Jefferson de Philadelphia, dirige *The Journal of Voice*. Perteneció al coro universitario y enseña canto. Ha publicado más de 150 artículos científicos y una decena de libros sobre su especialidad.

1. LA CIRUGIA de las cuerdas vocales prolongó la carrera de Elton John. Tuvo problemas con su voz durante una gira por los Estados Unidos en 1986. Padecía una lesión benigna, extirpada con éxito a principios de 1987. Un año después reanudaba sus conciertos.

idóneo para soportar el trauma del contacto de las cuerdas vocales.

Pero no pensemos que la cuerda vocal sea un simple músculo protegido por una mucosa. En 1975 Minoru Hirano, médico de Kurume, reconoció cinco capas distintas de tejido en la estructura. Debajo del epitelio delgado y lubricado de la superficie, se hallan las capas superficial, intermedia y profunda de la "lamina propia"; bajo esta última yace el músculo tiroaritenoides o vocal. Las cinco capas poseen diferentes propiedades mecánicas que producen los suaves movimientos de

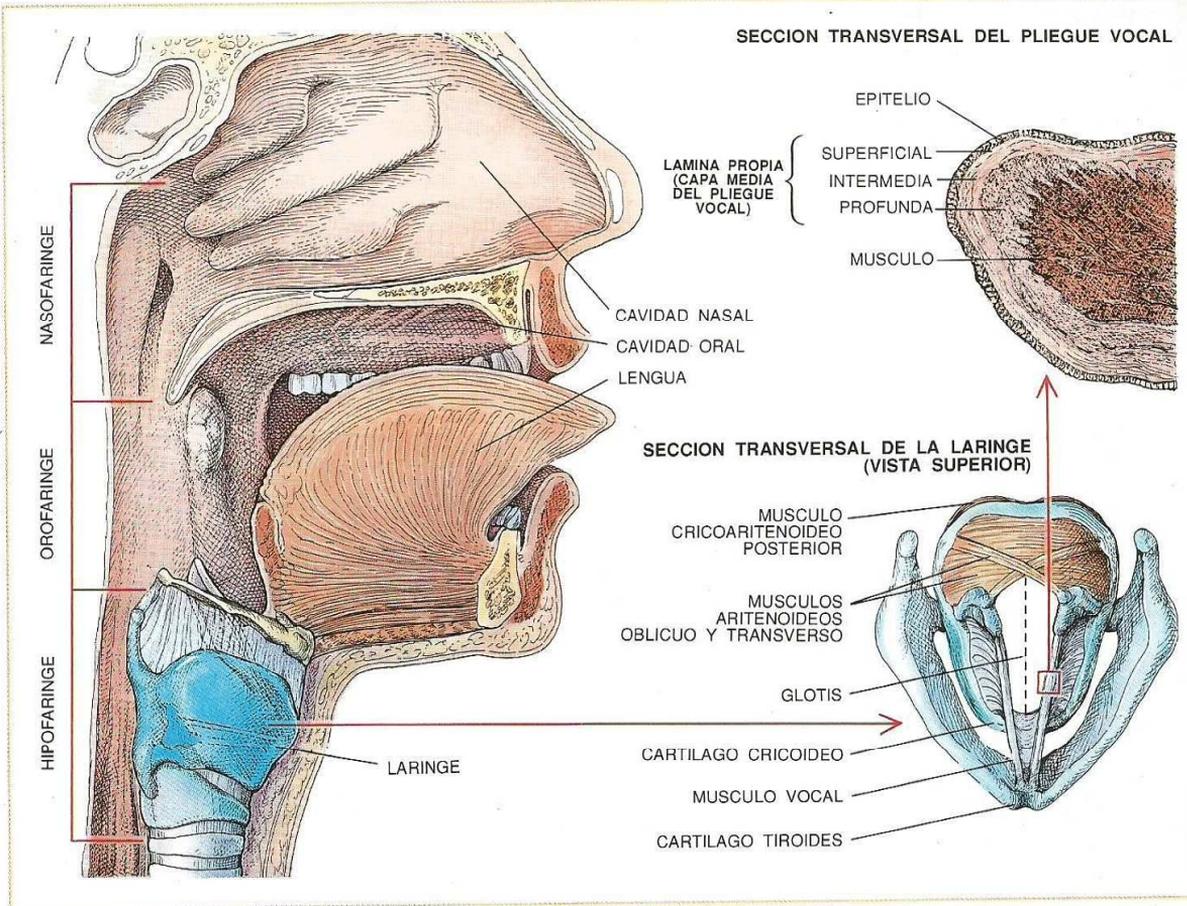
corte, esenciales para las vibraciones normales de las cuerdas.

Cuando las cuerdas vocales vibran, producen sólo un sonido básico que resuena, sin embargo, por todo el tracto vocal supraglótico; abarca éste la faringe, la lengua, el paladar, la cavidad oral y la nariz. La resonancia añadida produce parte del timbre y carácter percibidos, o calidad vocal, de todos los sonidos del habla y el canto.

La fuente de potencia de la voz reside en el tracto vocal infraglótico —los pulmones, caja torácica y músculos de la espalda, tórax y abdomen, que

generan y dirigen una corriente de aire controlada entre las cuerdas vocales. Conforme la glotis se cierra, se abre y altera su forma, cambia sin apenas solución de continuidad su resistencia al aire. La fuente de potencia debe hacer ajustes rápidos y complejos para mantener una calidad vocal uniforme. Los cantantes y actores acostumbran llamar al complejo de potencia su "soporte" o "diafragma". La verdad es que la anatomía del complejo de potencia, complicada, no acaba de conocerse bien ni suelen referirse a lo mismo quienes echan mano de tales expresiones.





Los principales músculos de la inspiración son el diafragma (músculo en forma de cúpula, que se extiende a lo largo del fondo de la caja torácica) y los músculos intercostales externos. La espiración es una función pasiva durante la respiración tranquila: las propiedades mecánicas de los pulmones y caja torácica expulsan el aire fuera de los pulmones sin esfuerzo después de una respiración plena. Cabe también una espiración activa, y muchos de los músculos que engloban este proceso se usan para apoyar la producción de voz o fonación.

Durante la espiración activa, los músculos pueden aumentar la presión dentro del abdomen y, por tanto, forzar el diafragma hacia arriba; o bien pueden bajar las costillas y el esternón para reducir las dimensiones del tórax. Los músculos principales de la espiración son los abdominales pero también contribuyen los músculos intercostales internos y otros músculos del tórax y espalda.

Un traumatismo o cirugía que altere la estructura o funcionamiento

de estos músculos reduce la fuente de potencia de la voz; lo mismo se diga del asma y otras enfermedades que hacen irregular la espiración. La gente suele compensar las deficiencias registradas en el mecanismo de apoyo sobrecargando de trabajo a los músculos laríngeos, que no están diseñados para servir de fuente de potencia vocal. De esa conducta se resiente la función, amén de causar fatiga rápida, dolor e incluso problemas estructurales, como nódulos en las cuerdas vocales.

Igual que el sistema muscular y el esquelético, también el sistema nervioso interviene en la emisión de la voz. La "idea" de un sonido de voz se origina en la corteza cerebral y viaja a los núcleos motores del tronco cerebral y espina dorsal. Estas áreas envían complicados mensajes para coordinar las actividades de la laringe, la musculatura torácica y abdominal y las articulaciones del tracto vocal. Las señales procedentes del tracto extrapiramidal y del sistema nervioso autónomo participan, a su vez, en esas operaciones.

Los nervios que controlan los

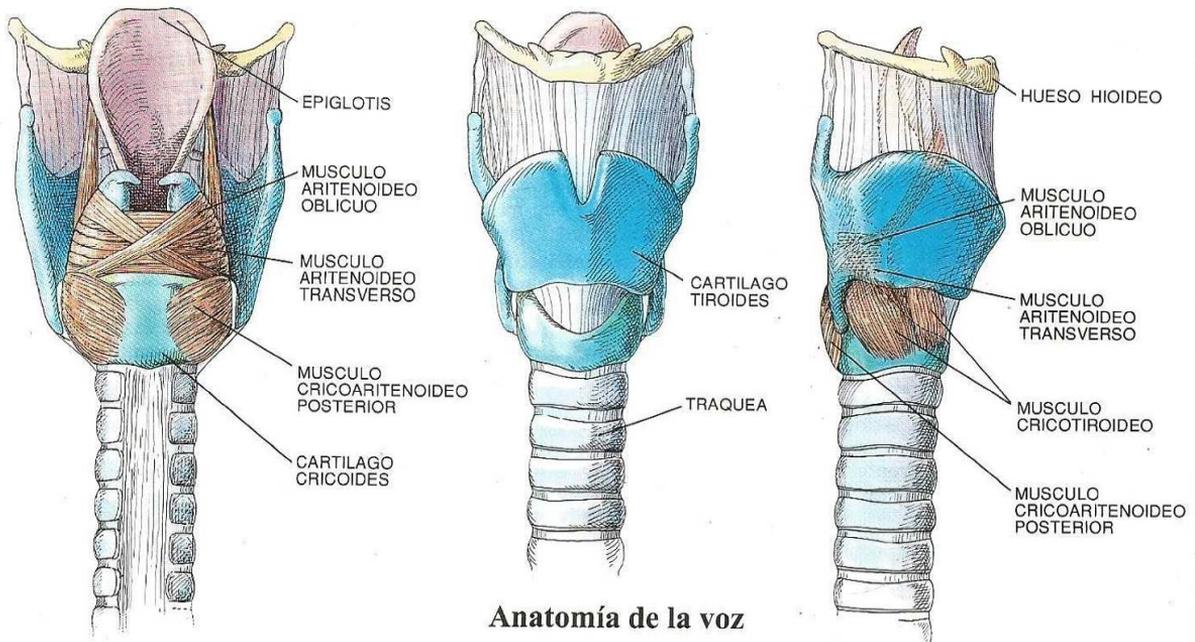
músculos del tracto vocal pueden convertirse en fuentes de problemas. Los dos laríngeos recurrentes, que gobiernan la mayoría de los músculos intrínsecos de la laringe, van, el nervio izquierdo sobre todo, a través del cuello hasta el tórax y retornan después hacia la laringe; se lesionan, pues, fácilmente por golpes o por cirugía del cuello y tórax.

Los nervios aportan también información al cerebro sobre la emisión de voz. La información auditiva que se transmite desde el oído a través del tronco cerebral hasta la corteza permite que el emisor ajuste el sonido producido con el deseado. La información táctil procedente del cuello y los músculos ayuda también al afinamiento de la emisión, si bien no acaba de entenderse del todo cómo se desarrolla este proceso. Los cantantes y oradores que han educado su voz aprovechan el adiestramiento para sacarle el máximo partido a la información táctil, pues son conscientes de que unas condiciones acústicas deficientes, unos instrumentos musicales chillones y los ruidos

VISTA POSTERIOR DE LA LARINGE

VISION ANTERIOR DE LA LARINGE

VISTA EN PERFIL DE LA LARINGE



Anatomía de la voz

El mecanismo vocal abarca músculos y órganos del abdomen, pecho, garganta y cabeza. El dibujo de la izquierda muestra los músculos de la garganta y de la cabeza. A su derecha se ofrecen algunos detalles relativos a la laringe, o caja de voz, en una orientación vertical de la estructura con la región frontal

—nuez de Adán— mirando hacia abajo. Los dos músculos vocales constituyen los cuerpos de las cuerdas; encima de la representación de la laringe aparece un corte transversal de un pliegue. Los tres dibujos restantes (*arriba*) ilustran los principales músculos y cartílagos laríngeos.

de la masa contrarrestan la información auditiva.

Durante la fonación, todas esas estructuras anatómicas y sistemas deben trabajar de forma coordinada. La fisiología de la emisión de voz es muy compleja, si bien podemos comparar esta última a una trompeta. La potencia del sonido se genera en el tórax, abdomen y musculatura de la espalda, que producen una corriente de aire de elevada presión. Los labios del trompetista se abren y cierran en la boquilla para crear un sonido similar al generado por las cuerdas vocales, que resuena a través del resto de la trompeta, afín al tracto vocal supraglótico.

El progreso registrado a lo largo de los últimos 20 años ha venido, en buena parte, del estudio sobre el origen y modificación de los sonidos vocales. Se ha insistido, de manera particular, en la construcción de modelos relativos a los movimientos de las cuerdas vocales. Pese a su composición anatómica en cinco capas, la cuerda se comporta, desde el punto de vista mecánico, como una

estructura de 3 capas, constituida por una cubierta (epitelio y capa superficial de la "lamina propria"), una capa de transición (capas intermedia y profunda de la "lamina propria") y un cuerpo (músculo tiroaritenoides).

La observación y el diseño de modelos han sacado a luz la forma en que la laringe produce el sonido. En un comienzo, las cuerdas están en contacto y cerrada la glotis. Cuando los pulmones expulsan aire, la presión infraglótica es de un nivel de siete centímetros de agua para una conversación normal. Esta presión empuja progresivamente las cuerdas vocales separándolas del fondo, hasta abrir la glotis y franquear el paso al aire. Hay fuerzas elásticas y de otro tipo que se oponen a la separación del margen superior de las cuerdas vocales, pero no pueden vencer la potencia de la corriente de aire.

El flujo de éste produce el efecto de Bernoulli: una caída de la presión lateral del aire causada por el movimiento hacia delante. El efecto tiende a mantener cerradas las cuerdas vocales, en el mismo sentido que las propiedades elásticas de los tejidos.

La presión infraglótica de la corriente de aire también disminuye a medida que la glotis se abre y deja salir el aire.

Por culpa de esos factores, los bordes inferiores de las cuerdas vocales empiezan a cerrarse casi inmediatamente, aun cuando sigan separados los bordes superiores. El cierre relaja todavía más la fuerza de la corriente de aire. Los bordes superiores de las cuerdas vocales se juntan otra vez en la línea media y ocluyen la glotis. De nuevo, empieza a formarse la presión infraglótica; y se itera el proceso. (Entiéndase que existe presión directa y que las variaciones alternantes raramente dejan caer hasta cero la presión infraglótica. Dato éste que reviste su interés a la hora de explicar las fuerzas dominantes implicadas en los movimientos de las cuerdas vocales.)

Hay un punto a destacar en el proceso: la parte inferior de las cuerdas vocales empieza a abrirse y cerrarse antes que la superior. El desplazamiento ondulatorio del revestimiento de la cuerda vocal produce un movimiento ondulatorio en la capa mu-

cosa. Si la compleja vibración de la onda de la glotis yerra, se puede producir ronquera y otras alteraciones de la calidad de la voz.

Las cuerdas vocales, a diferencia de las del violín, no hacen vibrar el aire. Se crean, en cambio, remolinos de aire en el tracto vócal a través

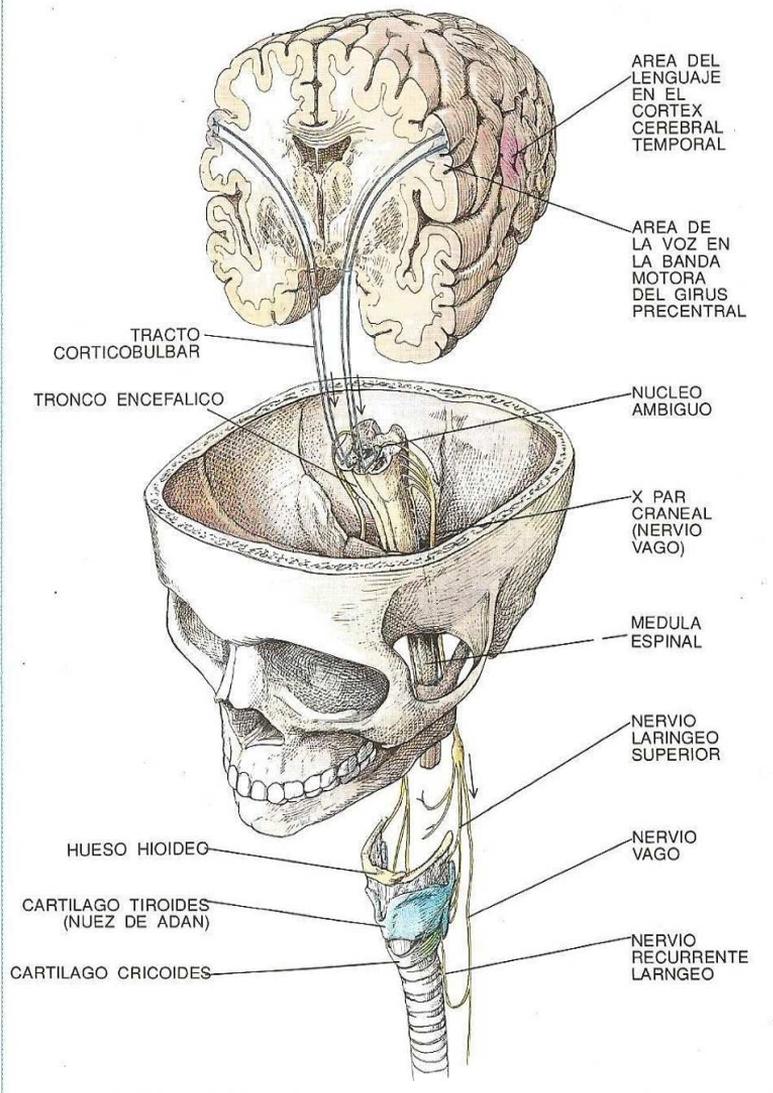
de la apertura y cierre de la glotis. La interrupción repentina del flujo de aire al final de cada chorro produce una vibración acústica. El mecanismo es similar al que provoca el sonido de una palmada.

El sonido procedente de la laringe es un tono complejo, que consta de

una frecuencia o tono fundamental y tonos suplementarios o armónicos más altos (la frecuencia está medida en hertz, el número de ciclos de apertura y cierre en la glotis por segundo). Por sorprendente que parezca, todos, hayan o no educado su voz, producen los mismos espectros de cuerda vocal.

Así nace la voz

El habla y el canto, o incluso la emisión de un mero sonido vocálico, entraña una compleja orquestación de acciones mentales y físicas. La idea de producir un sonido se origina en la corteza cerebral —en el área del lenguaje. El movimiento de la laringe, controlado por esta área, se transmite a la laringe por diferentes nervios. En cumplimiento de ello, las cuerdas vocales vibran y generan un zumbido. La resonancia de este sonido por toda el área del tracto vocal epiglótico —donde se inscriben la faringe, la lengua, el paladar, la cavidad oral y la nariz—, confiere al sonido las cualidades percibidas por el oyente. Merced a la autoescucha y la sensibilidad táctil, el orador o intérprete irán afinando su tono de voz.



La faringe (región de la garganta entre la boca y el esófago), la cavidad oral y la cavidad nasal actúan como una serie de resonadores interconectados en la señal acústica. El sistema presenta mayor complejidad que la trompeta porque las paredes, y por tanto su forma, son flexibles. En cada resonador, unas frecuencias se atenúan y otras se refuerzan, o se emiten con amplitudes más altas. Así, ciertos armónicos se suavizan, en tanto que otros se tornan más altos. Johan Sundberg y Gunnar Fant, del Instituto Real de Tecnología de Estocolmo, han demostrado que, en los cantantes el primero y en los oradores el segundo, el tracto vocal tiene 4 o 5 formantes, frecuencias de resonancia notables. La intensidad de la potencia de voz disminuye uniformemente a través de su espectro de frecuencia, excepto en las frecuencias de los formantes, donde alcanza su máximo.

Las frecuencias de los formantes vienen establecidas por la morfología del tracto vocal; pueden alterarlo las cavidades musculares laríngea, faríngea y oral. La longitud y forma del tracto vocal son peculiares de cada individuo y están determinadas por la edad y el sexo: las mujeres y los niños, con un tracto vocal más corto que los hombres, poseen en consecuencia frecuencias de los formantes más altas. Lo cual no impide que podamos ajustar, de forma voluntaria y hasta cierto punto, las dimensiones del tracto vocal; el dominio de esos ajustes resulta decisivo para educar la voz.

La frecuencia resonante que ha recibido justa atención es el formante del cantante. Se le atribuye la responsabilidad sobre el timbre de la voz de los profesionales. La habilidad para lograr dejarse oír con nitidez, por encima incluso de una orquesta, depende en principio de la frecuencia del formante: en lo concerniente a la intensidad vocal máxima, apenas si existe diferencia, si es que la hay, entre quienes han educado su voz y quienes no han seguido ese entrenamiento.

Los formantes se dan en torno a los 2300 o 3000 hertz para todos los sonidos vocálicos. Aparte de añadir

claridad y proyección a la voz, contribuyen también a las diferencias de timbre. Los formantes del cantante se presentan, en los bajos, alrededor de 2400 hertz; en los barítonos, en torno a los 2600 hertz; en los tenores, a 2800 hertz; en mezzosopranos, a 2900 hertz, y, en sopranos altos, a 3200 hertz. El formante del cantante es mucho menos pronunciado en los sopranos.

El control sobre la frecuencia fundamental y la intensidad resulta decisivo. Elevaremos la primera si aumentamos la presión del chorro que cursa por la laringe. A medida que sube la presión, explica la mecánica, las cuerdas vocales tienden a separarse y juntarse con mayor celeridad y frecuencia. Los cantantes aprenden a compensar esa tendencia; sin tal dominio, elevarían el tono cada vez que cantasen más alto.

La técnica más eficaz para alterar el tono de voz suele consistir en cambiar las propiedades mecánicas de las cuerdas vocales. La contracción del músculo cricotiroides provoca que los cartílagos tiroideos y cricoides giren en torno a las cuerdas y las tensen. Esa conformación sirve para exponer mayor superficie de cuerdas vocales al flujo aéreo y aumentar su sensibilidad a la presión de aire. Se tensan con ello también las fibras elásticas de las cuerdas vocales y se refuerza su eficacia vibrando juntas. El tono aumenta porque los ciclos de apertura y cierre en la glotis (ciclos fonatorios) se acortan y repiten con mayor frecuencia.

La intensidad vocal, o volumen, depende de la cuantía en que las vibraciones de la cuerda vocal exciten el aire del tracto vocal. Al elevar la presión de aire, crece la amplitud de las vibraciones porque las cuerdas vocales se distancian más y se juntan con mayor agilidad. En consecuencia, durante este ciclo fonatorio el flujo de aire que cursa por la laringe se corta con brusquedad y aumenta la intensidad del sonido producido. Un efecto similar potencia la intensidad del sonido de la palmada.

En las pautas de flujo de cada ciclo fonatorio hallamos un valioso indicador biofísico del rendimiento alcanzado por las estrategias del control vocal. Un intérprete podría pretender redoblar la intensidad de su voz reforzando desmesuradamente la presión del aire y la resistencia de la glotis al flujo del aire, con los músculos del tracto vocal infraglotítico y las fuerzas aductororas de las cuerdas vocales (cierre glótico). Pero

semejante combinación de fuerzas da por resultado la fonación bajo presión, condición en que la amplitud de la frecuencia fundamental de la voz es baja, no obstante el notable esfuerzo físico empeñado.

La amplitud de la fuente de voz será también baja, si por debilidad de las fuerzas aductororas las cuerdas vocales no entran en contacto y la glotis no opera debidamente: la condición en que tal fenómeno ocurre se denomina fonación respiratoria. Sin embargo, una tercera condición, la fonación de flujo, se caracteriza por la baja presión del chorro de aire y escasa fuerza aductorora; ello aumenta la intensidad de la frecuencia fundamental y produce una entonación más fuerte. Para identificar la fonación bajo presión, respiratoria o de flujo, los expertos idean cambios en el flujo de aire a través de la glotis, que se recogen en un gráfico o glotograma de flujo.

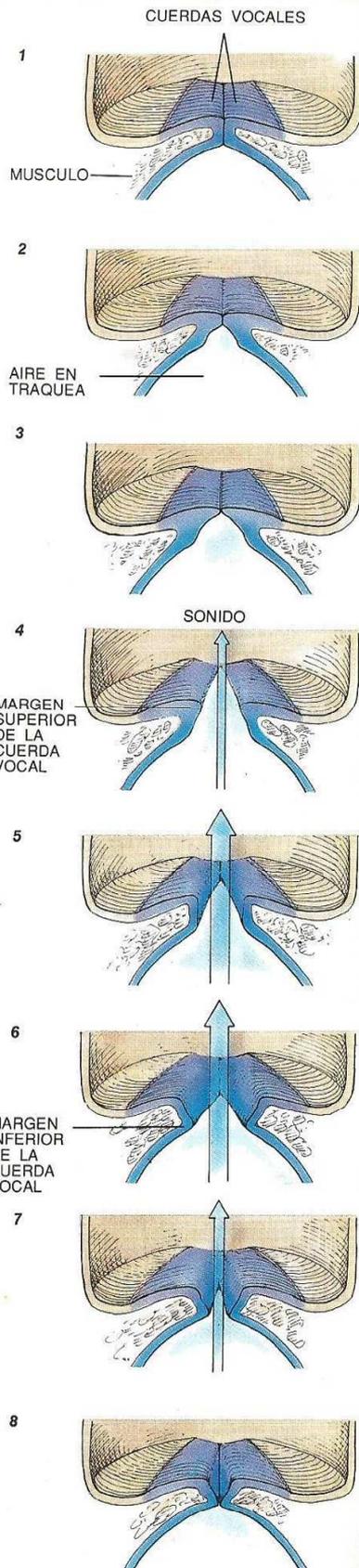
Sundberg ha demostrado que el intérprete eleva la amplitud de la frecuencia fundamental en 15 decibelios o más con el tránsito de la fonación bajo presión a la fonación de flujo. Así pues, la gente que fía en la fonación bajo presión realiza un esfuerzo innecesario para aumentar el volumen de la voz. Las fuerzas y pautas de uso muscular invocadas para compensar esa deficiencia podrían dañar la laringe.

Conocidos los mecanismos de control vocal, los médicos pueden detectar y corregir los problemas de los abusos de la voz y traumatismos de las cuerdas vocales. La identificación de los diversos componentes del tracto vocal facilitan, asimismo, la creación de estrategias óptimas para rehabilitar voces dañadas.

No menos crucial para el desarrollo de la ciencia de la voz ha sido la innovación instrumental. Hasta principios del siglo XIX, los médicos sólo podían apoyarse en el oído para apreciar la calidad de la voz y su funcionamiento. No había técnicas con las que observar y mensurar las funciones de la voz.

En 1854, Manuel García, médico español y profesor de canto, descubrió la técnica de la laringoscopia indirecta. Usaba el sol como fuente

2. VIBRACION de las cuerdas vocales. Se ilustra en un corte vertical a través de la línea media de las cuerdas vocales, durante la producción de un sonido simple. Nos situamos en la laringe. Antes de empezar el proceso (1), las cuerdas están juntas. Se separan cuando el aire asciende a través de la tráquea (2-7); vuelven a juntarse en cuanto cesa el sonido (8).



de luz y un espejo dental colocado en la boca del estudiante para observar las cuerdas vocales. La laringoscopia indirecta se convirtió de inmediato en herramienta imprescindible de los médicos, y todavía se sigue empleando. (Aunque sustituida, obviamente, la luz solar por la eléctrica.)

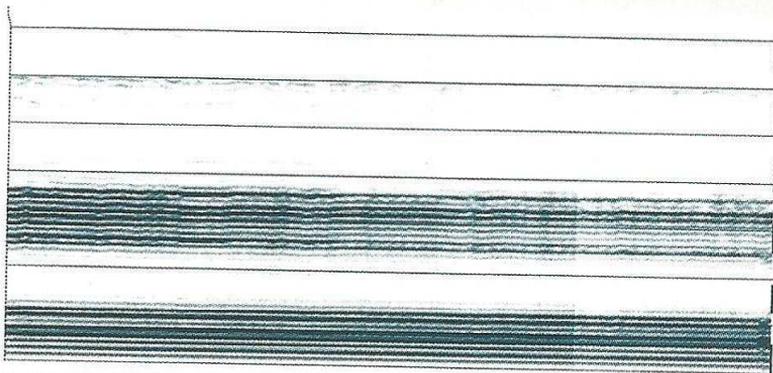
Sin negarle su indudable valor, la técnica ofrece, empero, muchos inconvenientes. No son fáciles ni la ampliación de las cuerdas vocales ni la documentación fotográfica sobre su estado. La iluminación normal tampoco permite distinguir las vibraciones, complejas y rápidas, de las cuerdas vocales.

La principal técnica de que disponemos para estudiar la vibración de las cuerdas vocales es la video-laringo-estroboscopia, que se vale de un micrófono colocado cerca de la laringe para activar el estroboscopio iluminador de las cuerdas vocales. Si la frecuencia de la luz estroboscópica se desfasa en unos dos hertz de la vibración, el médico puede ver en su exploración las cuerdas vocales con un movimiento lento simulado. Esta técnica, que se insinuó ya en el siglo pasado, no alcanzó su esplendor hasta los últimos diez años, cuando, la estroboscopia consiguió el brillo suficiente y las videocámaras una sensibilidad adecuada para su uso rutinario.

El efecto estroboscópico facilita la ponderación minuciosa del estado en que se halla el borde libre de las cuerdas. Podemos ver pequeñas masas, asimetrías vibratorias, úlceras, carcinomas incipientes y otras anomalías laríngeas, muchas de las cuales se hurtan a la luz normal. El análisis digital de las imágenes complementa la observación óptica; si bien la pobre resolución de las imágenes y otras limitaciones han condicionado hasta la fecha las posibilidades de la técnica.

Para seguir el comportamiento de las vibraciones de las cuerdas contamos también con la electroglotografía. Entre dos electrodos instalados en el cuello se produce una corta diferencia de potencial que atraviesa la laringe; los cambios operados por el voltaje medido generan una onda en el electroglotógrafo que ilustra el contacto entre cuerdas vocales. La información acerca de la apertura glótica se infiere de la fotoglotografía, que mide la luz que pasa debajo mismo de las cuerdas vocales, o de la glotografía de flujo.

La medición de la función aerodinámica consta de pruebas funcionales respiratorias y del flujo aéreo de la laringe. Se trata de un parámetro



3. VOCES SANAS Y VOCES ALTERADAS, comparadas en estos sonogramas registrados durante la exposición de sendos conferenciantes y relativos a la pronunciación de la "a" abierta. El tiempo transcurre de izquierda a derecha durante dos segundos aproximadamente. Las líneas horizontales señalan las frecuencias en hertz

importante, y ambas pruebas revelan en su conjunto el funcionamiento de la fuente de potencia vocal y la eficacia de los repliegues vocales en su control del flujo aéreo. La medición de la capacidad fonatoria —o capacidad para producir sonidos— sirve, en su simplicidad, para cuantificar las disfunciones vocales y evaluar los resultados del tratamiento. Los tests determinan la gama de frecuencia y de intensidad de la voz, cuánto tiempo puede mantenerse un sonido y otros factores.

La electromiografía laríngea, otra técnica para estudiar la función vocal, consiste en insertar unos finos electrodos en los músculos laríngeos. En determinadas circunstancias es útil para conocer la integridad neuromuscular y su función; a modo de ejemplo, la medición de la actividad eléctrica de los músculos de la laringe podría indicar la recuperación de un paciente con parálisis de cuerda vocal, en cuyo caso el médico, antes de proceder a una intervención quirúrgica, recomendaría esperar por si ocurriera una recuperación espontánea.

Del propio sonido, el laringólogo experto sacará sus propias conclusiones. Pero está claro que los clínicos e investigadores necesitan equipos capaces de cuantificar las características vocales de interés acústico. Existen equipos, aunque habrán de perfeccionarse.

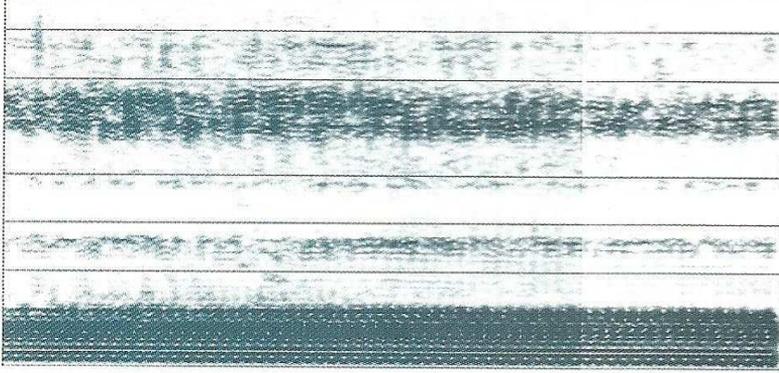
Pensemos así en la espectrografía acústica, que muestra la frecuencia y el espectro armónico de la voz y registra ópticamente el sonido. El equipo describe la señal acústica e informa sobre la calidad vocal, timbre y volumen. Se puede medir una gama entera de calidades: la estructura del formante y la fuerza de la voz, la frecuencia fundamental, espi-

ración, la razón de armonía a ruido (o claridad de la voz), así como perturbaciones de la amplitud ciclo a ciclo ("brillo") y de la frecuencia ciclo a ciclo ("ritmo"). Otras características más sutiles se escapan a la detección; a modo de muestra: en los estudios de la voz fatigada de profesionales con buena formación, la diferencia entre una voz descansada y otra cansada resulta obvia para el oído, pero ni siquiera los equipos más refinados descubrirán cambios apreciables de manera persistente.

Revisten su interés las influencias psicológicas en la voz; carecemos, sin embargo, de técnicas desarrolladas y normalizadas para mensurarlas. Los cuestionarios bien preparados, las grabaciones en cintas y el reconocimiento de la voz por distintos observadores han disparado la utilidad de tales exámenes. De semejante muestrario de herramientas se sirven los médicos para detectar y registrar, con seguridad y fiabilidad, la información contenida en el sonido de la voz.

En la medida en que la técnica reforzaba los aspectos diagnósticos y terapéuticos de la medicina de la voz, decrecía la necesidad de la intervención quirúrgica. Para ciertas condiciones basta la prescripción medicamentosa, aunque conviene no olvidar que hasta los medicamentos sin receta obligatoria comportan efectos secundarios que afectan al funcionamiento de la voz. Los antihistamínicos, por ejemplo, provocan sequedad en la mucosa vocal, con resultado de ronquera y tos. Las propiedades anticoagulantes de la aspirina pueden contribuir a pequeñas hemorragias en las cuerdas vocales.

Hay técnicas para rehabilitar las voces dañadas por un empleo inadecuado. La terapia facilita la respira-



desde cero hasta un máximo de 7000. El sonograma de la izquierda corresponde a un varón con cuerdas vocales normales; el de la derecha, a un varón con nódulos en las cuerdas vocales. Esta voz tiene ruidos adicionales en el nivel de los 5000 hertz y ha alterado y debilitado sus armónicos entre 2000 y 4000 hertz.

ción y el soporte abdominal, amén de eliminar la tensión muscular innecesaria de laringe y cuello. Puede incluso curar problemas estructurales de las cuerdas vocales, de manera señalada nódulos (formaciones callosas y duras). La terapia enseña a utilizar cada componente del tracto vocal correctamente —para evitar la violencia y el abuso sobre la voz—, a mantener los niveles correctos de humedad y mucosidad en sus tractos vocales y a mitigar los efectos del humo y otros peligros del entorno.

Pero no siempre basta con una buena higiene y una educada técnica vocal. Encontramos problemas estructurales de la laringe que deberán pasar por el quirófano. Me refiero, por ejemplo, a los nódulos que no han respondido a la terapia de la voz, pólipos (neoformaciones de los tejidos blandos), quistes (masas llenas de líquido) y otras alteraciones.

La mayoría de las patologías benignas son superficiales. Los expertos en fonocirugía disponen de un abanico de técnicas microquirúrgicas para extirpar lesiones del epitelio o capa superficial de la "lamina propia" sin rajar las capas intermedia o profunda del tejido, lo que provocaría cicatrices. En buena parte, la cirugía se realiza a través de la boca, mientras el cirujano observa la laringe a través de un tubo de metal llamado laringoscopio rígido. Un microscopio amplía la imagen; entre el utillaje advertiremos tijeras microscópicas, láser y otros.

Los nódulos, pólipos y quistes del margen vibratorio de las cuerdas se extirpan mejor con el armamentario tradicional. Las operaciones pueden alcanzar un nivel de precisión alto. En algunos casos podemos incluso levantar la mucosa de la cuerda, ex-

traer un quiste u otra masa y volver a colocar la mucosa; sin apenas infligir daño alguno, esta operación ni siquiera requiere postoperatorio (descanso de la voz), y suele recuperarse en seguida la buena calidad de la voz.

Los láseres llevan la fama de instrumentos revolucionarios de alta tecnología. Pero no son siempre la mejor elección para la cirugía de la laringe. Con la densidad de potencia requerida para la ablación, el haz de un láser de dióxido de carbono estaría rodeado de un halo de calor de una anchura de 0,5 mm. Si el rayo se dirigiera contra una lesión del borde de una cuerda, el calor podría rasgar las capas intermedias o profundas de la "lamina propia", señales que crearían un segmento rígido de la cuerda vocal, acompañado de ronquera.

Pero el láser de dióxido de carbono es ideal para determinadas lesiones. Esclerosa vasos sanguíneos varicosos de las cuerdas vocales que podrían provocar hemorragias. Vaporiza los vasos sanguíneos que nutren a los pólipos, papilomas y cánceres laríngeos. Es éste un dominio, el de la técnica láser, de esperanza para la microcirugía del futuro.

Las nuevas técnicas quirúrgicas para modificar el esqueleto de la laringe deben mucho al japonés Nabuhiko Issiki. Se aplican al tratamiento de la parálisis de las cuerdas vocales, que es una consecuencia normal de infecciones víricas, cirugía o cáncer. Para abordar la parálisis de las cuerdas, el cirujano solía inyectar pequeñas dosis de teflón en la zona afectada de la cuerda. El teflón empuja la cuerda paralizada hacia adelante hasta la línea media de la glotis y permite que la cuerda normal se junte. La glotis se cierra entonces y mejora la voz del paciente.

Aunque el teflón es bastante inerte, no constituyen ninguna rareza las reacciones de los tejidos. La rigidez que produce el teflón en el borde de la cuerda vocal mina la calidad de la voz. Y si no satisface el resultado de la inyección de teflón, se hace muy difícil extraer el material de los tejidos. Lo que explica, por otro lado, que se haya sustituido esa inyección por la tiroplastia, en virtud de la cual el cirujano abre una pequeña ventana en el esqueleto de la laringe y empuja hacia atrás al cartílago tiroideos y los tejidos de la laringe. El cartílago deprimido se mantiene en su sitio con un trozo de silastic. Con esta operación, la cuerda vocal se empuja hacia la línea media, sin necesidad de inyectar ningún cuerpo extraño en los tejidos; parece ser más reversible que el teflón. Nosotros hemos presentado una técnica de inyección que usa, en vez de teflón, una pequeña cantidad de grasa extraída del abdomen o brazo del paciente; el método posee la sencillez del teflón y carece de sus inconvenientes, pero habrá que seguir investigando.

La cirugía del esqueleto de la laringe modifica, si se quiere, el timbre del paciente. El cirujano lo elevará moviendo los cartílagos tiroideos y cricoides y cerrando el intervalo espacial que los separa; con esos cambios, las cuerdas se alargan y tensan. O puede también el médico cortar secciones verticales del cartílago tiroideos para estrechar los pliegues vocales, rebajar su tensión y, por tanto, bajar el timbre. No se conoce bien el pronóstico de tales intervenciones cuando se buscan por razones puramente estéticas. Sí se ha comprobado su eficacia en ciertas anomalías y en ajustes del timbre de quienes se han sometido a cambio de sexo.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

- CLINICAL MEASUREMENT OF SPEECH AND VOICE. R. J. Bakken. College Hill Press, 1987.
- THE SCIENCE OF THE SINGING VOICE. J. Sundberg. Northern Illinois University Press, 1987.
- PROFESSIONAL VOICE: THE SCIENCE AND ART OF CLINICAL CARE. R. T. Sataloff. Raven Press, 1991.
- THE SCIENCE OF MUSICAL SOUNDS. J. Sundberg. Academic Press, 1991.
- THE PRINCIPLES OF VOICE PRODUCTION. I. R. Titze. Prentice-Hall (en prensa).
- VOICE SURGERY. W. J. Gould, R. T. Sataloff y J. R. Spiegel. C. V. Mosby Company (en prensa).