

## ACÚSTICA

*Jesús Ignacio Catalá Gorgues*  
*Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación “López Piñero”*  
*Universitat de València-CSIC*

La porción de instrumentos dedicados a la acústica es una de las más reducidas de las que componen el conjunto de la colección de instrumentos de física de la Universitat de València. La propia tradición experimental de la acústica no es, precisamente, de las más ricas entre las ramas de la física. De hecho, a finales del siglo XVIII la acústica apenas si atraía la atención de los investigadores, y casi no se tenían en cuenta, en su enseñanza, otros diseños que las campanas de vacío, para dar cuenta de la necesidad de un medio de transmisión para el sonido, o ciertos dispositivos para la detección de puntos nodales sobre una cuerda vibrante. El problema de la voz y su reproducción, no obstante, ocupaba ya por entonces a diversas personalidades, que desarrollaron durante el último tercio de dicho siglo diferentes aparatos para la producción artificial de voz; si bien en ocasiones el objetivo perseguido con tales diseños era eminentemente científico, en no pocos casos la cuestión se planteó, más bien, como la creación de aparatos destinados al espectáculo de curiosidades. Ejemplo notable fue el del austriaco Wolfgang von Kempelen, autor de ingeniosas soluciones hidráulicas, pero conocido especialmente por su autómatas ajedrecista y por su diseño de una máquina parlante (Hankins; Silverman, 1995).

Con el advenimiento del siglo XIX, y gracias al trabajo seminal de personajes como Ernst Chladni (1756-1827) —cuyo *Entdeckungen über die Theorie des Klanges* (Leipzig, 1787) es citado frecuentemente como el tratado fundacional de la acústica moderna—, en Alemania, o Félix Savart (1791-1841), en Francia, la acústica empezó a desarrollarse en sus vertientes teórica y experimental, y aun así, pasó tiempo hasta que hallara investigadores prioritariamente dedicados a ella en el ámbito académico (Vogel, 1993). El énfasis en la comprensión de los aspectos básicos de la producción y propagación de los sonidos, además, permitió encarar de modo más racional cuestiones abiertas, como la antes apuntada en torno a la voz y su reproducción artificial (Hankins; Silverman, 1995: 198ss), en la que confluyeron, muy fértilmente, los intereses de físicos y fisiólogos.

El reconocimiento relativamente tardío de la acústica como rama de la física, y la presencia comparativamente menor de instrumentos característicos en colecciones como la que aquí se describe, no debe hacernos pensar que tales instrumentos son de poco valor en el estudio histórico de su desarrollo. Bien al contrario, y como muestran Hankins y Silverman (1995), la acústica fue aceptada como parte de la física experimental —y quedó diferenciada de la música o la armonía— cuando contó con un conjunto de instrumentos propios, nuevos, destinados a analizar el sonido y a registrarlo. Sólo de esta manera se podía acceder a una aproximación matematizada de la naturaleza de los sonidos, ya no fiada a la pura evaluación, siempre subjetiva, dependiente del oído de los observadores.

Todos los instrumentos de acústica de la colección de la Universitat de València están depositados, bien en el Laboratorio de Física General “Fernando Senent” —un total de doce elementos singulares, más dos colecciones incompletas formadas respectivamente por ocho y cuatro piezas—, bien en la Escuela de Magisterio —el exiguo número de cuatro—, lo que ya nos indica que han sido destinados

a un uso fundamentalmente didáctico. A efectos de descripción, podemos distinguir entre instrumentos destinados al estudio de la propagación del sonido, instrumentos productores de sonido e instrumentos analizadores del sonido.

### **Propagación del sonido**

Una de las experiencias más sencillas y clásicas en el estudio de la propagación del sonido es la que muestra su reflexión mediante dos espejos parabólicos enfrentados, colocando en el foco de uno un emisor de sonido y situando en el otro un observador, que comprueba que aun estando los espejos considerablemente alejados, el sonido emitido es reflejado por ambos. En la Escuela de Magisterio se conserva una pareja de estos espejos (M-0143 y M-0144), de tamaño mediano, contruidos en latón dorado y con soporte-mango de madera, adquiridos posiblemente en los años de transición del siglo XIX al XX. En el Laboratorio “Fernando Senent”, por su parte, se custodia otro espejo (F-0002), de factura y tamaño análogos, pero con concavidad más acusada y soporte metálico de pie; su presumible pareja se habría perdido. Además, en esta misma localización, se halla un reflector (F-0019) de mucho mayor tamaño —casi el doble de diámetro que los anteriores—, de fabricación francesa, probablemente también de finales del siglo XIX, montado sobre un gran pie de madera. Este gran espejo es una de las piezas más notables de la colección por su tamaño, antigüedad y estado de conservación; lamentablemente, no se ha preservado su par. Los espejos cóncavos aquí descritos tal vez fueran utilizados tanto en experiencias de reflexión del sonido, como en montajes relacionados con el estudio de la energía calorífica radiante. De momento, no disponemos de fuentes que nos permitan dilucidar qué uso realmente se les dio.

### **Producción de sonido**

La mayor parte de los instrumentos y piezas de acústica conservados en esta colección se relacionan con la producción de sonido en una altura tonal determinada. En tal ámbito, el instrumento fundamental es el diapasón, que está concebido para emitir por oscilación un tono prácticamente puro y permanente (Brenni, 1998). El modelo clásico de diapasón metálico en forma de horquilla o pinza, de uso común en la afinación de instrumentos musicales i que se inventó probablemente a comienzos del siglo XIX, está representado por un ejemplar conservado en la Escuela de Magisterio (M-0179). Este diapasón consta de una barra metálica que en determinado punto se bifurca en dos ramas, que desde allí se disponen perfectamente paralelas. La emisión de sonido se produce por la oscilación de la barra tras golpear una de las ramas. La frecuencia es proporcional al espesor de las ramas e inversamente proporcional al cuadrado de sus longitudes. El ejemplar conservado es un diapasón normal o de referencia, esto es, afinado en La<sub>3</sub>.

En su uso por los músicos, y también en diagnósticos médicos de capacidad auditiva, se utiliza normalmente sin caja de resonancia, pues su aplicación directa o próxima al oído permite escuchar la emisión. En las experiencias de laboratorio, por el contrario, suele estar montado sobre una caja de resonancia que amplifica el sonido. Una de estas cajas, contruida en madera, y que se caracteriza principalmente por presentar un orificio donde introducir el eje del diapasón, se conserva también en la Escuela de Magisterio (M-0168), si bien no parece haber estado asociada a la pieza antes descrita.

Además de su uso en afinación o en diagnósticos médicos, el diapasón de horquilla ha estado incorporado, a lo largo de la historia, como componente de instrumentos complejos o de diseños experimentales muy elaborados. Hermann von Helmholtz, de quien más adelante nos ocupamos, construyó un sintetizador vocal a base de diapasones de horquilla y resonadores, en el cual los primeros representaban la laringe y los segundos, las cavidades supralaríngeas (Hankins, 1995).

En el Laboratorio “Fernando Senent”, encontramos un número notable de dispositivos que, tomados singularmente, están afinados en un tono fijo, pero que, en realidad, formarían parte de dispositivos más complejos en los que se podrían emitir en sucesión distintas alturas tonales, y también combinarlas. Se trata, en definitiva, de un conjunto heterogéneo de flautas o tubos de órgano, construidos básicamente en madera, aunque con particularidades de forma y de elementos secundarios.

Dentro de tal conjunto heterogéneo, distinguimos dos grupos de piezas que forman sendas colecciones, seguramente incompletas. La que está integrada por más elementos (F-0023), ocho en total, resulta muy interesante por tratarse de un producto de la casa parisina Marloye et Cie. En efecto, Albert Marloye (ca. 1795-1840) fue el primer constructor de instrumentos de física especializado en acústica (Brenni, 1995), y la firma comercial que fundó mantuvo un gran prestigio durante muchos años en dicho campo. Los tubos o flautas conservados, construidos en madera, presentan cuerpo prismático de sección cuadrada y embocadura troncocónica, con bisel en la primera porción del cuerpo. Casi todos llevan grabado el tono que les corresponde. Presumiblemente, irían montados sobre un dispositivo neumático con pulsadores para insuflar aire a manera de un órgano o armonio, similar al modelo de la figura 1. Uno de los tubos se aparta del aspecto general al mostrar un ensanchamiento en su porción central, en el que aparece, además, una hendidura transversal; tal vez formara parte de otro dispositivo, en el que la hendidura conectara con una cápsula manométrica (Brenni, 1995).

El otro conjunto de flautas (F-0024), también prismáticas, está integrado por cuatro piezas, de aspecto similar a las descritas. No figura en ninguna el fabricante, y tampoco en todos los casos está grabada la entonación. Las características externas, sin embargo, señalan que son obra del mismo constructor.

Las otras flautas conservadas, que en ningún caso formarían conjunto entre sí, se apartan, salvo en un caso (F-0027), del modelo general al que parecen ajustarse las de los grupos descritas. Dos de ellas (F-0025, F-0026) conservan la forma prismática, pero la cara posterior no es enteramente de madera, pues entran a formar parte de ella el cristal y el cuero. Parte de la cara, así, es de cristal incoloro y transparente, montado en el bastidor de madera con cuero, y permite de este modo ver el interior del tubo. En el segundo de los casos, el cristal también está presente en las caras laterales.

De la forma prismática se apartan otras tres flautas, pues su cuerpo principal es cilíndrico. En un caso, la madera es el único material presente (F-0028), mientras que en otro caso interviene también el metal (F-0062) o el cartón (F-0063), conformando en cada caso exclusivamente el cuerpo principal, mientras que la embocadura es en todos los casos de madera. Se conserva también una embocadura suelta (F-0029).

Al margen de los tubos o flautas de órgano descritos, pero complementario, se conserva también un cornete de armonía de madera (F-0031), utilizado como amplificador del sonido de dichos tubos. Enteramente diferente, por el contrario, si no en aspecto, sí en concepción, es una flauta prismática de

madera (F-0206) dotada en su cuerpo central de diferentes orificios a los que asocian láminas móviles en forma de rombo, que permiten obliterar o permitir a voluntad la salida de aire por los orificios, y así modificar la altura tonal. Se trata, en consecuencia, del único dispositivo de producción de sonido conservado en nuestra colección que permite modificar el tono que emite.

### **Análisis del sonido**

Un solo ejemplo de instrumento concebido para el análisis del sonido está presente en la colección. Eso sí, es uno de los más importantes por su antigüedad y excelente estado de conservación. Se trata de un banco de resonadores de Helmholtz, cuyo diseño inicial corresponde precisamente a las investigaciones del físico y fisiólogo alemán Hermann von Helmholtz (1821-1894), acontecidas durante las décadas centrales del siglo XIX. Por esa época, este científico estaba ocupado por el problema de las combinaciones tonales, y desarrolló un sintetizador compuesto por cierto número de diapasones de horquilla accionados electromagnéticamente, cada uno de los cuales producía un sonido estacionario en su frecuencia e intensidad, de duración variable a voluntad y libre de ruido; algo así como la plasmación física de un sonido ideal. Lograba así combinaciones armónicas muy controladas de sonidos puros. Helmholtz partía de la idea de que una onda de sonido no era otra cosa que una serie armónica de vibraciones sinusoidales, y fue esta concepción la que guió el diseño del sintetizador descrito. Junto a éste, Helmholtz desarrolló un analizador, formado por una serie de resonadores esféricos afinados en ciertos tonos. Cada resonador tenía dos aberturas, una, cónica, que se aplicaba en la oreja del experimentador y otra, cilíndrica, que captaba la onda sonora. La esfera, entonces, amplificaba el componente de onda correspondiente a su tono, determinado por su volumen y el de la abertura cilíndrica, según el fenómeno de la resonancia o consonancia armónica. En definitiva, el analizador permitía descomponer un sonido compuesto, en cada uno de sus componentes sinusoidales (Vogel, 1993).

El banco de resonadores de la colección (F-0001), depositado en el laboratorio “Fernando Senent”, está formado por diez esferas de latón dorado, de tamaño decreciente, dispuestas sobre un soporte de madera que muestra un eje perpendicular para cada esfera. Si bien no contamos con datos del fabricante ni fechas de adquisición, es sin duda un ejemplar antiguo, excelentemente conservado y de indudable impacto visual. A su interés como aparato clásico de la acústica, se une el que se trata de un ejemplo de instrumento que ha pasado de un contexto de investigación a otro de docencia, y por fin a uno de uso industrial. En efecto, los resonadores esféricos han acabado incorporados a la industria del sonido como aislantes (Bertomeu, 2000).

### **Conclusión**

A pesar de tratarse de una fracción muy pequeña en el total de la colección, el conjunto de instrumentos de acústica de la Universitat de València constituye una muestra significativa de las experiencias didácticas que en ella se realizaban para la enseñanza de dicha rama de la física. A esta cualidad, hay que unir el valor intrínseco de algunas de las piezas conservadas, en estado incluso más que aceptable, y la espectacularidad de ellas.