

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XVII JORNADAS  
VOLUMEN 13 (2007)

Pío García  
Luis Salvatico  
Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



# El surgimiento de la acústica a fines del siglo XVI: Vincenzo Galilei y Giovanni Benedetti

Guillermo Boido\*

## 1. Introducción

Si bien podemos coincidir con Stillman Drake en que la apelación sistemática al experimento como soporte a las leyes matemáticas de la naturaleza no existió hasta Galileo, durante las primeras etapas de la Revolución Científica hallamos autores en los que ya se manifiesta esa tendencia metodológica. La encontramos, en particular, en el campo de las vinculaciones entre ciencia y música. Por otra parte, ya en la segunda mitad del siglo XVI aparecen los primeros intentos de explicar aspectos particulares de los fenómenos sonoros desde una perspectiva mecanicista. En este trabajo analizamos, a propósito de estos estudios, los enfoques experimentales del padre de Galileo, Vincenzo Galilei (ca. 1520-1591), y los teóricos de Giovanni Battista Benedetti (1530-1590). Tratamos de mostrar que las concepciones de ambos surgen de la crítica a las posiciones tradicionales del músico veneciano Joseffo Zarlino (1517-1590), quien, de este modo, curiosamente, desempeñó el papel de detonador de las nuevas ideas acerca del sonido que darían luego origen a la acústica.

## 2. Música y sonido a comienzos de la Revolución Científica

La música era en el Renacimiento una ciencia matemática. Los teóricos musicales poseían las reglas matemáticas que a su juicio debían ser seguidas estrictamente en la práctica. Era impensable que los músicos se apartaran de dichas reglas ya que, de otro modo, las bases de la música serían destruidas. En cuanto a la naturaleza de los fenómenos sonoros, a principios del siglo XVII Francis Bacon lamentaba que la única relación conocida que vincula el sonido con algún parámetro físico era la proporción numérica pitagórica entre la longitud de las cuerdas y la altura de las notas. Por ello pone el énfasis en la necesidad de explorar las dimensiones materiales del sonido y de su producción efectiva, desechando las abstractas especulaciones matemáticas de origen griego y medieval. En su libro *Sylva Sylvarum* (1627) sugiere una serie de observaciones y experimentos acústicos que podrían ser realizados para contribuir a la comprensión científica del sonido. Bacon coincide con Kepler en que este último está conformado por una *Specie udibili*, entidad que, independientemente del oyente, es propiedad del cuerpo sonoro (Bensa & Zanarini, 1999, 75). Otros estudiosos contemporáneos de Bacon y Kepler, entre ellos Galileo, Mersenne y Descartes, desde posiciones mecanicistas, concibieron en cambio al sonido como una sucesión de impulsos regulares, impresos al aire por el movimiento vibratorio del cuerpo sonoro (y en particular por las vibraciones de una cuerda) y transmitidos a través de dicho medio de manera similar a como lo hacen las ondas en el agua.

Sin embargo, el estudio del sonido desde una perspectiva moderna se había iniciado ya en la segunda mitad del siglo XVI debido a exigencias estrictamente musicales. Por entonces la práctica de la música comenzó a cambiar muy rápidamente, con la aceptación de nuevos

---

\* Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires

intervalos y de la monodia (opuesta a la pluralidad de voces de la polifonía), todo lo cual traería aparejado el surgimiento, hacia 1580, del estilo barroco. Estos cambios en la práctica de la música llevaron a la real necesidad de expandir la teoría musical existente y, con ello, la exigencia de un examen crítico de sus fundamentos. El papel de la experimentación, en particular, se transformó en central hacia fines del siglo XVI, en la música en primer lugar y *solamente luego* en los estudios de mecánica en general. De allí que, según Drake, la música fue la primera disciplina en cuyo seno se practicó la experimentación en sentido moderno, es decir, con plena conciencia metodológica de que teoría y observación controlada debían ser anverso y reverso de una misma moneda.

El primer desarrollo importante en el siglo XVI en la investigación de las causas físicas de un fenómeno sonoro particular, la resonancia, fue realizado por el médico, escritor y poeta italiano Girolamo Fracastoro (1478?-1553). Colega y amigo de Copérnico, es bien conocido por sus estudios de medicina en el campo de la epidemiología, en particular por haber ofrecido una primera descripción científica de la sífilis y haber propuesto tratamientos que eventualmente lograrían la cura de la enfermedad. Sus consideraciones sobre el sonido fueron presentados por este autor en su obra *De sympathia et antipathia rerum liber unus* (1546). Las respuestas de una cuerda a otra cuerda al unísono se explica por medio de un popular ejemplo de magia simpática. Fracastoro describió cómo cierta vez, en una iglesia, advirtió que algunas imágenes de cera se movían en el mismo momento en que sonaba una campana, mientras que otras figuras no lo hacían. Su explicación se basó en la frecuencia de los impulsos propagados por la campana a través del aire. Ésta sería la misma causa de las vibraciones simpáticas de los instrumentos de cuerda. Posteriormente, otros estudios fundamentales (teóricos y experimentales) se centraron en mostrar que el tono de una nota es proporcional a la frecuencia de vibración del cuerpo sonoro, y por lo tanto que los intervalos musicales son razones de frecuencias de vibraciones. Fueron realizados por Benedetti en 1563, Galilei entre 1589 y 1590, Isaac Beeckman entre 1614 y 1615 y Marin Mersenne entre 1623 y 1634. Pero hubo de esperarse hasta 1702 para que el término "acústica" hiciese su irrupción en el ámbito científico. Lo empleó por primera vez el físico Joseph Sauveur (1653-1716), cuando ya dicha rama de la física se hallaba bien consolidada.

### 3. Zarlino y Galilei

En un trabajo anterior (Boido & Kastika, 2006) hemos analizado la naturaleza de la célebre e interminable polémica entre Zarlino y Galilei. Por entonces, la música seguía sosteniéndose en un conjunto de relaciones numéricas; sin embargo, la medieval "armonía de los sonidos que no se oyen", según la concepción medieval de Boecio, comenzó con Zarlino a vincularse con la armonía de los sonidos audibles. Zarlino redefinió el problema de las consonancias abordado por Pitágoras por medio de lo que llamaba el *scenario*: un sistema de razones numéricas basado en los primeros seis números naturales, a la vez que aportó un criterio de "verdad musical" fundado en el orden matemático y racional del mundo natural (Fubini, 1999, 129). Ello abrió el camino para que otros estudiosos de la música comenzaran a dirigirse a la propia naturaleza, en particular por medio de la experimentación, para comprender las complejas particularidades de los fenómenos sonoros. Uno de ellos fue Vincenzo Galilei.

El padre de Galileo introdujo la noción de "tensión" en las cuerdas, que, más allá de las longitudes de éstas, interviene en las consonancias musicales. Utilizó el monocordio para sus

estudios sobre la producción del sonido y halló que la altura del sonido producido por una cuerda no sólo variaba inversamente con su longitud sino que lo hacía también con el cuadrado del peso de un cuerpo unido a la cuerda (con lo que podía obtenerse la octava cuadruplicando el peso). También mostró que cuerdas iguales producen la quinta si sus tensiones se hallan en relación 4:9. Con ello construyó un esquema matemático destinado a probar que el de Zarlino era erróneo. Utilizó como base del mismo el conjunto de los números naturales comprendidos entre 1 y 8 como alternativa al conjunto numérico del *scenario* (Boido & Kastika, 2006, 75). Sin embargo, en abierta oposición a Zarlino, insistió en que los intervalos musicales no son consonantes por razones matemáticas, sino que, en último término, el criterio definitorio para decidir acerca de la consonancia o la disonancia radica en la audición de los sonidos. La experimentación le permitió a Galilei establecer también que las razones 2:1, 3:2 y 4:3 se corresponden con octavas, quintas y cuartas para cuerdas construidas con un mismo material a condición de que tuvieran igual diámetro e igual tensión. Pero si estos dos parámetros sufrían modificaciones, o bien se empleaba otro material para la construcción de las cuerdas, las razones correspondientes a dichos intervalos musicales también se alteraban (Boido & Kastika, 2006, 76). No hay duda de que, más adelante, y a propósito de sus estudios con cuerdas lastradas, Galileo empleó estos resultados experimentales de su padre.

#### 4. Zarlino y Benedetti

Aunque Giovanni Battista Benedetti fue contemporáneo de Zarlino y de Galilei, estos últimos eran esencialmente músicos, mientras que Benedetti, proveniente de una afortunada familia de Venecia, había recibido una sólida educación familiar en filosofía y matemática. Fue, además, discípulo de Tartaglia, quien lo orientó en el estudio de los *Elementos* de Euclides. En 1558, este hombre de múltiples intereses se convirtió en matemático, astrólogo y arquitecto del duque Ottavio Farnese en Parma; luego pasó a servir al duque de Saboya, Emanuele Filiberto, en la corte de Turín, donde falleció. Si bien se ocupó de una amplia variedad de temas (mecánica, música, hidrostática, astronomía, astrología y gnomónica, la técnica de construir relojes solares), la historia de la ciencia lo ha destacado fundamentalmente como precursor de Galileo, pues las huellas de Benedetti se advierten claramente en el tratado juvenil galileano *De motu*. Sus estudios sobre el movimiento y el choque de los cuerpos, en los que adopta una posición de radical crítica al aristotelismo con el recurso al pensamiento de Arquímedes, lo convierten, según Alexandre Koyré, en el mayor físico italiano del siglo XVI (Koyré, 1997, 125).

En dos cartas dirigidas a su amigo Cipriano da Rore (escritas en 1563 y publicadas en 1585) Benedetti expone sus puntos de vista sobre la naturaleza del sonido. En lugar de relacionar la altura y la consonancia directamente con los números (Zarlino), o con la longitud de las cuerdas y sus relaciones (Galilei), las vinculó con la cantidad de vibraciones de la fuente sonora. Atribuyó la consonancia o la disonancia de dos sonidos a la razón entre frecuencias de oscilaciones de masas de aire generadas por los instrumentos. Asociando la frecuencia con la inversa de la longitud de una cuerda que produce el sonido, determinó matemáticamente el grado de consonancia o disonancia de dos sonidos. La consonancia se producía cuando las ondas del aire producidas por diferentes notas concurrían al oído frecuentemente juntas, mientras que las disonancias acontecían cuando ello no ocurría. Las causas de la consonancia, según Benedetti, estaban ligadas a un fenómeno mecánico, y respondían a cierta relación numérica. Para el

historiador H. Floris Cohen, "por primera vez en la historia de la música, la teoría de la consonancia es explicada en términos mecanicistas" (Cohen, 1984, 78). Poco después, a comienzos del siglo XVII, la adoptaron Beeckman y Mersenne.

Oponiéndose a las consideraciones numerológicas de Zarlino, Benedetti sugirió un índice formado por el resultado de multiplicar los términos de las relaciones numéricas de los intervalos: a mayor producto, mayor consonancia. Desde este punto de vista, la consonancia y la disonancia no eran dos cualidades de los sonidos separadas y contradictorias, sino términos de una serie continua sin claras divisiones. En el índice de Benedetti, la tradicional y aborrecida (por los músicos) quinta submenor, con la relación 7:5, era una consonancia mejor que la sexta menor con la relación 8:5 (que Zarlino había permitido). Benedetti no ofreció sólo una modificación de la teoría antigua sino un ataque fundamental a las bases de la misma.

Con Benedetti, la respuesta a la pregunta "¿por qué una quinta es más armoniosa que una tercera mayor?" cambia radicalmente. Para los antiguos la contestación hubiera sido: "porque la razón 3:2 contiene dos números sonoros y ello no ocurre con la razón 5:4". Zarlino hubiese contestado que los antiguos estuvieron equivocados, ya que las dos relaciones son igualmente armoniosas por estar compuestas por números sonoros pertenecientes al *scenario*. Como los números sonoros son la causa de la armonía, la más pequeña desviación en la práctica de las razones aprobadas por la teoría debe ser evitada, pensaba Zarlino, ya que ello podría generar disonancia. Benedetti, en cambio, responde que, como la armonía procede de las coincidencias de los pulsos en el aire, la quinta es más armoniosa ya que dicha coincidencia ocurre cada seis vibraciones y no cada veinte como en el caso de la tercera mayor.

Desde luego, aquí los músicos bien podrían haber preguntado de qué manera ampliar el espectro de la armonía musical. Pero nadie hubiese tenido aún una respuesta. Para los oponentes de Benedetti el interrogante era impensable, y a Benedetti parece no habersele ocurrido, quizás porque, en el ámbito de la música, era un teórico y no un músico práctico. De otro modo, quizás, su nombre hubiese adquirido mayor relevancia en la historia del arte musical. Esta aseveración importa porque el giro decisivo que tomará la música de la época hasta culminar con la consolidación del estilo barroco se deberá a la intervención de los músicos prácticos (ejecutantes, compositores) en el análisis de los fenómenos físicos vinculados con ella.

## 5. Conclusiones

La importancia de Benedetti para la historia de la acústica es digna de subrayar: fue el primer teórico moderno de esta disciplina. Su explicación de las consonancias no estaba basada en la numerología, como en Zarlino, ni en la geometría, como en Kepler. Y fueron sus estudios, según el eminente historiador de la música Claude Palisca, los que terminaron de destruir el simbolismo numérico al estilo de Zarlino utilizado hasta ese entonces para explicar las consonancias (citado por Cohen, 1984, 76). Como Zarlino y Galilei, pertenece a un grupo de estudiosos que no han sido considerados figuras destacadas en la historia de la ciencia ni en la historia de la música, quizás porque ambas disciplinas han seguido tradicionalmente trayectorias un tanto separadas. Sin embargo, fueron ellos los protagonistas de una serie de transformaciones que acabarían por conformar, más adelante, nuevas concepciones del arte musical y la moderna acústica. No es poco mérito.

## Bibliografía

- Bensa, E. & Zanarini, G., "La física della musica. Nascita e sviluppo dell'acustica musicale nei secoli XVII e XVIII", *Nuncius*, Anno XIV, 1999, fasc. 1, Firenze, pp. 69-111.
- Boido, G. & Kastika, E. S., "La ciencia de la música entre los siglos XVI y XVIII. de los sonidos que no se oyen a los orígenes de la acústica", en N. Horenstein, L. Minhot y H. Severgnini (eds.), *Epistemología e Historia de la Ciencia*, vol. 8, n. 8, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 2002, pp. 60-66.
- Boido, G. & Kastika, E. S., "Ciencia y música en la obra de Vincenzo Galilei (ca. 1520-1591)", en R. de Andrade Martins, G. Boido y V. Rodríguez (eds.), *Física: Estudos Filosóficos e Históricos*, Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC), Campinas, 2006, pp. 65-84.
- Cohen, H. F., *Quantifying Music, The Science of Music at the First Stage of the Scientific Revolution, 1580-1650*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1984.
- Drake, S., "Vincenzio Galilei and Galileo", en *Galileo Studies. Personality, Tradition, and Revolution*, Ann Arbor, Michigan, Cap. 2, 1970.
- Fubini, E., *La estética musical desde la Antigüedad hasta el siglo XX*, Ahanza Editorial, Madrid, 1999. [Primera edición en italiano, 1976.]
- Koyré, A., "Juan Bautista Benedetti, crítico de Aristóteles", en *Estudios de historia del pensamiento científico, Siglo Veintiuno Editores*, México, 1997, pp. 125-149. [Primera edición en francés, 1974.]
- Palisca, C., "Was Galileo's father an experimental scientist?", en Coelho, V. (ed.), *Music and Science in the Age of Galileo*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1992, pp. 143-151.