

# *Francisco de Salinas. Música, teoría y matemática en el Renacimiento*

Amaya García Pérez  
Paloma Otaola González  
(coords.)



Ediciones Universidad  
**Salamanca**

**1218** OFICINA DEL  
VIII CENTENARIO  
**2018**

SEPARATA

CARLOS CALDERÓN URREIZTIETA  
Experiencia estética y formulación científica:  
dos casos de estudio





FRANCISCO DE SALINAS

Música, teoría y matemática  
en el Renacimiento



AMAYA GARCÍA PÉREZ  
Y  
PALOMA OTAOLA GONZÁLEZ  
(COORDS.)

FRANCISCO DE SALINAS  
Música, teoría y matemática  
en el Renacimiento

---

CARLOS CALDERÓN URREIZTIETA

EXPERIENCIA ESTÉTICA  
Y FORMULACIÓN CIENTÍFICA:  
DOS CASOS DE ESTUDIO



EDICIONES UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

COLECCIÓN VIII CENTENARIO, 12

© de esta edición:  
Ediciones Universidad de Salamanca y los autores

© de las imágenes:  
sus autores y propietarios

1.ª edición: 2014

ISBN: 978-84-9012-406-2 (PDF)

Ediciones Universidad de Salamanca  
<http://www.eusal.es>  
[eusal@usal.es](mailto:eusal@usal.es)

Oficina del VIII Centenario Salamanca 2018  
<http://centenario.usal.es>  
[centenario@usal.es](mailto:centenario@usal.es)

Motivo de cubierta:  
*El tañedor de laúd*, Caravaggio, 1595.



Diseño y realización de la cubierta:  
Egido Pablos Comunicación Gráfica

Maquetación y realización de interiores:  
Intergraf  
[intergraf@intergraf.es](mailto:intergraf@intergraf.es)

Hecho en España-Made in Spain

*Todos los derechos reservados.  
Ni la totalidad ni parte de este libro  
puede reproducirse ni transmitirse  
sin permiso escrito de  
Ediciones Universidad de Salamanca.*



CEP. Servicio de Bibliotecas

Texto (visual) : electrónico

FRANCISCO de Salinas [Recurso electrónico] : música, teoría y matemática en el Renacimiento / Amaya García Pérez y Paloma Otaola González (coords.).—1.ª ed. electrónica.—Salamanca : Ediciones Universidad de Salamanca, 2014  
290 p.—(VIII Centenario ; 12)  
1. Salinas, Francisco, 1513-1590—Crítica e interpretación. I. García Pérez, Amaya Sara, 1976-, editor de la compilación. II. Otaola, Paloma, editor de la compilación.  
78 Salinas, Francisco

## Índice General

CARLOS M. PALOMEQUE LÓPEZ  
*Director de la Oficina del VIII Centenario Salamanca 2018*  
La «música extremada» de Francisco de Salinas  
[ 11-13 ]

AMAYA GARCÍA PÉREZ  
Introducción  
[ 15-18 ]

1  
CARLOS CALDERÓN URREIZTIETA  
Experiencia estética y formulación científica: dos casos de estudio  
[ 19-43 ]

2  
J. JAVIER GOLDÁRAZ GAÍNZA  
La teoría armónica después de Francisco de Salinas  
[ 45-60 ]

3  
AMAYA GARCÍA PÉREZ  
El temperamento igual en los instrumentos de cuerda con trastes  
[ 61-89 ]

4  
ALFONSO HERNANDO GONZÁLEZ  
Las matemáticas en la obra de Francisco de Salinas  
[ 91-115 ]

## ÍNDICE

5

ANA MARÍA CARABIAS TORRES Y BERNARDO GÓMEZ ALFONSO  
Francisco de Salinas y el calendario gregoriano  
[ 117-145 ]

6

GIUSEPPE FIORENTINO  
Canto llano, canto de órgano y contrapunto improvisado:  
el currículo de un músico profesional en la España del Renacimiento  
[ 147-160 ]

7

ASCENSIÓN MAZUELA-ANGUITA  
La educación musical en la España del siglo XVI  
a través del *Arte de canto llano* (Sevilla, 1530) de Juan Martínez  
[ 161-171 ]

8

PALOMA OTAOLA GONZÁLEZ  
*A los deseosos de saber el arte de la música práctica y especulativa:*  
la figura del autodidacta en el siglo XVI  
[ 173-187 ]

9

CRISTINA DIEGO PACHECO  
El léxico musical del Renacimiento: premisas para un estudio  
[ 189-203 ]

10

NICOLAS ANDLAUER  
Los ejemplos musicales en el *De Musica* de Francisco de Salinas:  
una introducción  
[ 205-217 ]

11

FERNANDO RUBIO DE LA IGLESIA  
Las melodías populares en *De Musica libri septem*, de Francisco de Salinas:  
estudio comparado de algunos ejemplos  
[ 219-253 ]

ÍNDICE

12

FRANCESC XAVIER ALERN

Música *ficta*: de los tratados musicales a las tablaturas  
[ 255-266 ]

13

CHRISTOPHE DUPRAZ

The erudition of Pedro Cerone:  
about some non-musical sources of *El melopeo y maestro* (1613)  
[ 267-287 ]

Créditos de procedencia de las imágenes  
[ 289-290 ]



## La «música extremada» de Francisco de Salinas

DON RIGOBERTO, ese culto y atildado personaje de *El héroe discreto* (2013) de Mario Vargas Llosa —aparecido ya en su *Elogio de la madrastra* (1988) y continuado en su peripecia literaria en *Los cuadernos de don Rigoberto* (1997)—, se había levantado de madrugada el día de su ansiado viaje familiar a Europa. Las maletas estaban preparadas desde la tarde anterior, esparcidas a lo largo de los pasillos y recibidores de la casa. Lucrecia dormía apaciblemente ajena al ajeteo que estaba por venir. Y el movimiento del mar sonaba repetitivo sobre la costa de Barranco, el barrio de Lima en que por fortuna vivían.

Todavía en pijama y zapatillas, a la espera de que el servicio dispusiese el desayuno esperado, seguramente a base de café, zumos diversos y tostadas con mantequilla, además de bollería fina, don Rigoberto se deslizó con parsimonia hacia su escritorio en busca de la estantería donde guardaba los libros de poesía. Allí encontró el poemario de fray Luis de León que requería y halló también al instante entre sus páginas la oda que este había dedicado al músico ciego Francisco de Salinas —«El ayre se serena / y viste de hermosura y luz no usada, / Salinas, quando suena / la música estremada / por vuestra sabia mano gobernada...», etc.—. Leyó despacio el poema, recordado la víspera en la duermevela y tantas veces frecuentado por él desde antaño, no pudiendo por menos que confirmar también ahora lo que siempre había sentido:

Era el más hermoso homenaje dedicado a la música que conocía —Vargas Llosa ponía estas bellas palabras en el pensamiento de nuestro hombre—, un poema que, a la vez que explicaba esa realidad inexplicable que es la música, era él mismo música. Una música con ideas y metáforas, una alegoría inteligente de un hombre de fe, que, impregnando al lector de esa sensación inefable, le revelaba la secreta esencia trascendente, superior, que anida en algún rincón del animal humano y solo asoma a la conciencia con la armonía perfecta de una

LA «MÚSICA EXTREMADA» DE FRANCISCO DE SALINAS  
MANUEL CARLOS PALOMEQUE

hermosa sinfonía, de un intenso poema, de una gran ópera, de una exposición sobresaliente. Una sensación que para Fray Luis, creyente, se confundía con la gracia y el trance místico.

Se preguntaba a continuación don Rigoberto: «¿Cómo sería la música del organista ciego al que Fray Luis de León hizo ese soberbio elogio?» Realmente, recordaba y se lamentaba al tiempo, «nunca la había oído». Y, ahí está, le vino de repente la luz y un propósito apetecible, «ya tenía una tarea por delante en su estancia madrileña: conseguir algún CD con las composiciones musicales de Francisco de Salinas», porque, seguía tramando, «alguno de los conjuntos dedicados a la música antigua —el de Jordi Savall, por ejemplo— habría consagrado un disco a quien inspiró semejante maravilla».

No sabía don Rigoberto, sin embargo, que no se conserva partitura musical alguna de Francisco de Salinas (¡ay!) y tampoco, por lo mismo, se dispone de grabación discográfica de su música, por lo que, a salvo de un hallazgo venidero y acaso improbable, estamos condenados a no poder disfrutar de su «música extremada» (fray Luis *dixit*), tal como sus contemporáneos sí hicieron y se maravillaron con sus notas engarzadas, de lo que la prodigiosa oda de fray Luis de León, su amigo y compañero de cátedra en el Estudio salmanticense, da cuenta para la eternidad.

Sí disponemos felizmente, en cambio, de las aportaciones teóricas del maestro Salinas, «el abad Salinas, el ciego, el más docto varón de música especulativa que ha conocido la Antigüedad», como Vicente Espinel acertaba a expresar por boca del escudero Marcos de Obregón en sus famosas *Relaciones* de la vida de este (1618). Y, por todas ellas, de su magna *De Musica libri septem* (Siete libros sobre la Música), monumental tratado de armonía y teoría rítmica, escrito en latín y publicado en 1577 en la imprenta de Matías Gast de Salamanca —«Salmanticae, excudebat Mathias Gastius»—, del que la Oficina del VIII Centenario ha llevado a cabo recientemente una primorosa edición facsímile —permítaseme la justificada satisfacción— a partir del ejemplar que nuestra Biblioteca General Histórica conserva.

La Universidad de Salamanca, y la Oficina del VIII Centenario en su nombre, ha querido hacer de este 2013 que nos acaba de dejar el «Año Salinas de la Música», con el gratísimo encargo de conmemorar el quinto centenario del genial burgalés —«Francisci Salinae Burgensis»—, afamado organista y gran teórico que ocupaba en 1567 la cátedra de Música del Estudio, después de haber permanecido veinte años entre Nápoles, Florencia y, sobre todo, Roma, y completado de modo extraordinario su formación primera adquirida en las aulas salmantinas. Y numerosas han sido, por cierto, las actividades con que hemos traducido esta celebración, desde la divulgación de las músicas del tiempo de Salinas en conciertos y recitales —por todos, el excelente ciclo *Suene vuestro son en mis oídos. Músicas del tiempo de Francisco de Salinas, 1513-1590*, que pudo disfrutarse en el Aula Salinas y la Real Capilla de San Jerónimo de las Escuelas Mayores y en la Capilla del Colegio del Arzobispo Fonseca, a lo largo de los meses de junio y julio—, hasta la publicación de estudios sobre las más relevantes páginas de la historia musical de nuestra Academia, como el *Catálogo del Archivo de música de la Capilla de la Universidad*

LA «MÚSICA EXTREMADA» DE FRANCISCO DE SALINAS  
MANUEL CARLOS PALOMEQUE

*de Salamanca*, a cargo de Bernardo García-Bernalt Alonso, o, claro es, la edición facsimilar referida de los *Siete libros* del propio Francisco de Salinas.

Ahora, la Colección VIII Centenario de Ediciones Universidad de Salamanca se complace también en albergar en su seno —esta vez con el número 12 de la serie— la publicación electrónica del libro colectivo *Francisco de Salinas. Música, teoría y matemática en el Renacimiento*, que ha sido preparado bajo la coordinación científica de Amaya García Pérez y Paloma Otaola González. Se recogen en él, así pues, las ponencias que fueron defendidas en el simposio internacional que, con el título «Francisco de Salinas (1513-2013). Teoría musical en el Renacimiento», tenía lugar en la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Salamanca, durante los días 15 y 16 de marzo de 2013 y la dirección de la profesora de Musicología Amaya García Pérez, y en cuya sesión de inauguración tuve precisamente la suerte de hablar.

Tras una «introducción» a cargo de esta, en que se da cuenta del objetivo del libro, de su estructura y contenido, las trece contribuciones incorporadas a sus páginas —entre las que se encuentran, por lo demás, textos de ambas coordinadoras— abordan desde perspectivas diversas un doble asunto de interés común que suscita el título de la obra: uno, la teoría musical y matemática en el Renacimiento, en general; y dos, la propia obra teórica de Francisco de Salinas dentro de este ámbito histórico, en particular.

Han interesado en el primero, en suma, cuestiones relativas a las relaciones entre ciencia y música, la teoría armónica, el uso del temperamento igual en los instrumentos de cuerda con trastes, la educación y práctica docente musical —el currículo de músico profesional y la figura del autodidacta—, el discurso y la retórica en los textos musicales o, en fin, los tratados musicales —de los tratados a las tablaturas y una consideración singular de *El melopeo y maestro* de Pedro Cerone, publicado en 1613—. En tanto que, por lo que atañe a la propia obra teórica de Salinas, se pasa revista de modo sucesivo a la formación matemática del Maestro, a su presencia en el debate sobre la reforma del calendario gregoriano, al tratamiento que llevó a cabo de los ejemplos musicales en su *De Musica libri septem*, y, por último, a la recepción en esta de las melodías populares.

A fin de cuentas, un libro delicioso desde luego para iniciados en estas materias, pero también para quienes, sin serlo, gusten de acercarse a uno de los capítulos más bellos de nuestra cultura. Bienvenido sea por ello a nuestra Colección del VIII Centenario, que desde luego no es mal sitio.

Salamanca, 24 de febrero de 2014

MANUEL CARLOS PALOMEQUE  
Director de la Oficina del VIII Centenario Salamanca 2018



## Introducción

**N**O HA SIDO FÁCIL encontrar un título para este conjunto de propuestas. Y, sin embargo, para cualquiera que se acerque a él le resultará evidente el nexo que las une, que intentaremos hacer explícito en estas páginas preliminares.

Es esta una publicación multidisciplinar —como también lo fue Francisco de Salinas, autor al que queremos rendir homenaje en el quinto centenario de su nacimiento—, que viene a completar el trabajo científico llevado a cabo en el Simposio Internacional «Francisco de Salinas (1513-2013). Teoría musical en el Renacimiento», celebrado en la Universidad de Salamanca durante los días 15 y 16 de marzo de 2013.

Francisco de Salinas fue el más importante catedrático de Música del Estudio salmantino. Su famoso tratado *De Musica libri septem*, publicado en Salamanca en 1577, supone un culmen en los estudios sobre teoría armónica y rítmica del Renacimiento. En él se presenta una de las exposiciones más clarividentes del problemático tema de la afinación, por supuesto tratado desde la matemática, como exigía la música *quadrivial* del momento. Pero también presenta una coherente teoría rítmica que expone con numerosos ejemplos musicales dignos de análisis. No obstante, Salinas no fue solo un teórico de la música. Su faceta como docente es evidente en su papel en la institución salmantina. Así mismo, su vertiente matemática (aunque sea de forma colateral) también es muy interesante. En este volumen se abordan, pues, múltiples temas, todos ellos relacionados, de una u otra forma, con los variados papeles que interpretó Francisco de Salinas en su vida: músico, teórico, docente, matemático.

Como ya hemos dicho, Salinas se dedicó al estudio en profundidad de la ciencia armónica matemática, tal y como se entendía en el Renacimiento. Esta teoría armónica, de la que el maestro ciego es un eslabón fundamental, aparece tratada, desde diferentes puntos de vista, en los tres primeros trabajos de esta publicación.

INTRODUCCIÓN  
AMAYA GARCÍA PÉREZ

El de Carlos Calderón profundiza en las complejas relaciones entre ciencia y música que se empiezan a producir en el Renacimiento y que darán lugar a la Revolución Científica, centrándose para ello en dos casos: las teorías astronómico-musicales de Kepler y el monocordio como instrumento científico. Por otra parte, Calderón propone una original visión del cambio de paradigma científico que se produce en esta época. Para este autor la ciencia sufre una progresiva *anesthis*, va perdiendo su cualidad estética en favor de la pura matematización de la realidad.

El que firma Javier Goldáraz plantea un recorrido por la teoría armónico-acústica desde Salinas hasta Helmholtz, padre de la psicoacústica moderna. En su contribución, Goldáraz desgrana cómo se va instalando el nuevo paradigma físico que la Revolución Científica impone en la música. En este sentido, se plantea el efecto que descubrimientos como la serie de armónicos, o los batimientos que se producen entre parciales armónicos próximos, tuvieron sobre la evolución de la ciencia armónica en un momento en el que la acústica va naciendo como disciplina progresivamente diferenciada.

Dentro de la teoría armónica del siglo XVI destaca el tema de la afinación, uno de los grandes problemas teóricos a los que se enfrentaban los músicos de la época. Salinas puso algo de luz sobre este asunto y planteó, además, una de las primeras descripciones pormenorizadas y matemáticamente correctas del temperamento igual. El artículo que yo misma firmo analiza las evidencias del uso del temperamento igual en los instrumentos de cuerda con trastes, antes y después de la exposición de Salinas. Por otra parte, también cuestiona el uso que hoy en día hacen los intérpretes profesionales de estos instrumentos aplicando los temperamentos mesotónicos.

Íntimamente ligadas a la teoría armónica se encuentran las cuestiones matemáticas. Como ya hemos mencionado, Salinas también presenta una importante faceta matemática que se puede rastrear en su *De Musica libri septem*, donde plantea algunas cuestiones que, en ocasiones, nada tienen que ver con el estudio de la música. Sobre el uso de la matemática por parte de nuestro autor nos informa Alfonso Hernando. Para Hernando, la obra de Salinas proporciona buenos ejemplos de ese tránsito que se produce en esta época entre la numerología y la modernidad. Por otra parte, también nos explica cómo el tratado de Salinas es una de las primeras obras publicadas en España en la que aparece el llamado «triángulo de Pascal». En la presentación y el estudio sobre las propiedades matemáticas de este triángulo, Salinas se nos muestra como un intelectual interesado no solo en temas musicales, sino también en otras cuestiones matemáticas que poco o nada tienen que ver con la música.

Ese interés de Salinas por cuestiones matemáticas no estrictamente musicales se puede observar también en un manuscrito suyo, recientemente descubierto, dedicado a la reforma del Calendario Gregoriano, que tuvo lugar en el año 1582. El artículo de Ana Carabias y Bernardo Gómez analiza este escrito, que demuestra un gran conocimiento de astronomía, así como una gran capacidad de abstracción y cálculo mental, por parte de Salinas. A su vez, este manuscrito abre nuevas vías de trabajo sobre nuestro autor, ya que parece apuntar a la posible dedicación de

INTRODUCCIÓN  
AMAYA GARCÍA PÉREZ

Salinas al cómputo eclesiástico en la Universidad salmantina, algo que había sido mencionado en algunas biografías antiguas del músico pero que hasta el momento no ha sido estudiado.

Dos capítulos nos informan sobre la práctica docente de la música en el Renacimiento, práctica a la que también se dedicó Francisco de Salinas, en tanto que catedrático del claustro salmantino. El de Giuseppe Fiorentino se centra en la enseñanza en las capillas musicales de las catedrales españolas renacentistas. Los seis de los coros catedralicios recibían formación en «canto de órgano», «canto llano» y «contrapunto», materias que también componían el currículo de la parte práctica de la disciplina Música en la Universidad de Salamanca, y que, por tanto, también fueron impartidas por Francisco de Salinas. Fiorentino nos muestra a qué exactamente hacían referencia estos tres términos que tan frecuentemente aparecen en los documentos de la época.

En su contribución, Ascensión Mazuela se centra en uno de los textos más difundidos en estas capillas catedralicias y en otras instituciones de la época para la enseñanza de la práctica musical. El tratado de Juan Martínez fue el que más veces se publicó en el mundo hispano-luso renacentista, lo que evidencia su uso constante como manual de enseñanza. Asimismo, aparece relacionado con las universidades de Alcalá y Coímbra, donde probablemente fue utilizado como libro de texto en la enseñanza de la música práctica. Al parecer fue editado dos veces en Salamanca, aunque no se conserva ningún ejemplar de dichas ediciones.

La otra vertiente del aprendizaje musical en el Renacimiento es el autodidacta. Paloma Otaola nos presenta una interesante aportación sobre esta cuestión, muy común en el mundo musical del siglo XVI. Así mismo, la figura del autodidacta no se puede comprender sin una reflexión sobre el extraordinario desarrollo de la imprenta —y por tanto de la impresión de libros de música— y el igualmente extraordinario desarrollo de la teoría musical de la época. El mismo Salinas parece haber sido un autodidacta, al menos en cuestiones teóricas.

Por otra parte, el Renacimiento es una época en la que la retórica es fundamental para el discurso intelectual. Dos trabajos en este volumen giran en torno al discurso y la retórica en los textos musicales renacentistas. El de Cristina Diego es una propuesta de aplicación de la lexicología al estudio del léxico musical del Renacimiento, en la que se plantea la reflexión sobre los términos musicales en castellano utilizados en esta época. De esta manera se plantea el porqué del nacimiento de un vocablo, su mantenimiento o su desaparición, entre otras cuestiones, para responder a temas más amplios, como las implicaciones del uso del vocabulario musical en la sociedad renacentista y cómo aquel ilustra también los conceptos de dicha sociedad.

El texto de Nicolas Andlauer versa sobre el uso de la retórica, en este caso a través de los ejemplos musicales de los tres últimos libros del tratado de Salinas, que tienen para Andlauer el doble papel de «ilustrar y comprobar» (*ostendere et demonstrare*) las inducciones y deducciones de la razón lógica aplicada al *ars musica*. Así mismo, Andlauer destaca la modernidad estética de la obra de Salinas, al constituir estos mismos ejemplos un reflejo de la imbricación de las culturas oral y

INTRODUCCIÓN  
AMAYA GARCÍA PÉREZ

escrita de su tiempo. De esta forma, se trasciende la tradicional consideración de Salinas como un folklorista *per accidens*, para reinterpretar los ejemplos musicales como parte de su discurso retórico.

Sobre los ejemplos de Salinas escribe también Fernando Rubio, quien traza lazos de conexión entre estos ejemplos y obras musicales impresas conservadas de la época. Los múltiples cancioneros y libros de vihuela del momento son relacionados con estos ejemplos, proporcionándonos una visión complementaria a la propuesta de Andlauer. Salinas se nutre del repertorio popular, cosa que era frecuente también entre los compositores cultos de la época. Sin embargo, el tratamiento que hace nuestro autor de ese repertorio es claramente diferente del que llevan a cabo los compositores. Salinas tiene un afán meramente didáctico mientras que los músicos cultos renacentistas encuentran en esas melodías populares una fuente de inspiración. En ninguno de los dos casos hay un interés de recopilación folklórica.

Los tratados musicales renacentistas son estudiados en los dos últimos capítulos de este libro de forma diversa. Xavier Alern propone un estudio de la música *ficta* a partir no solo de los tratados de la época (que es lo que tradicionalmente se ha hecho) sino utilizando también los libros de vihuela como fuente. De esta forma, uniendo el mundo de la teoría musical presente en los tratados, y el mundo de la práctica musical presente en las tablaturas de vihuela, Alern consigue abrir nuevas vías de estudio en un tema tan controvertido como es el de la música *ficta*.

Cierra el volumen Christophe Dupraz, que se centra en el estudio de otro tratado fundamental para comprender la teoría musical renacentista en España: *El melopeo y el maestro* de Pietro Cerone. Dupraz investiga las fuentes teóricas no musicales que Cerone parece haber trabajado en la elaboración de su tratado, haciendo hincapié en la dificultad de este estudio debido a los múltiples niveles de citación que podemos ir rastreando en el tiempo. Cerone se nos muestra como un autor de impresionante erudición.

AMAYA GARCÍA PÉREZ

## I

# Experiencia estética y formulación científica: dos casos de estudio

CARLOS CALDERÓN URREIZTIETA  
carlos@calderon-online.com  
*Universitat Pompeu Fabra*<sup>1</sup>

## A MANERA DE ADVERTENCIAS

**P**rimera. Queda claro que este breve ensayo se escribe desde la perspectiva de un historiador de la ciencia que busca espacios comunes con la musicología —que los hay y muchos—, a pesar que esta última (ausente por mucho tiempo) sea, aún, una categoría incómoda para los historiadores de la ciencia.

*Segunda.* Si bien las relaciones arte-ciencia son complejas, a menudo son banalizadas exaltando cuestiones tipo: «Einstein tocaba el violín» o «¡Qué hermosos son los fractales!» y otras, en las cuales el científico expone sus fruiciones estéticas ante la realidad natural o ante sus propias —o ajenas— concepciones. No se niega aquí que el científico posea —mucho o poca— sensibilidad estética, pero el tipo

<sup>1</sup> El siguiente ensayo debe considerarse un resumen escrito de la ponencia multimedia que fue presentada en el Simposio Internacional «Francisco de Salinas (1513-2013), teoría musical en el Renacimiento», (Salamanca 2013) y basada, tanto en el Trabajo de Investigación que fue presentado para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados del Doctorado de Historia de las Ciencias en la Universidad de Barcelona, como un avance de la Tesis Doctoral presentada, finalmente, en julio de 2013 en el Departamento de Humanidades de la Universidad Pompeu Fabra, bajo la dirección del Dr. Antoni Malet y el Dr. Antonio Ezquerro. En este sentido los enlaces a los videos y archivos multimedia colocados a lo largo del ensayo son fundamentales para el completo alcance de lo que aquí se quiere exponer.

de relaciones que interesan en este ensayo consisten en aquellas que respondan a la cuestión: en los siglos XV, XVI y XVII, ¿en qué medida una experiencia estética artística y musical, estimulaba, incitaba o acicateaba, e incluso, se homologaba, con una formulación científica propia de la llamada «filosofía natural»?<sup>2</sup>.

*Tercera.* Si bien el presente ensayo no esté dedicado, directamente a la obra de Francisco de Salinas, expone casos que hacen frontera con su obra: el *Harmonices Mundi* de Johannes Kepler de 1615 y los monocordios de Ramos de Pareja (1482), Zarlino (1558) y, lo expuesto por Marin Mersenne en su *Harmonie Universelle* de 1636.

### INTRODUCCIÓN: «ARMONÍA» Y LO BELLO, LO FEO Y LO DIGO DE SER CUANTIFICABLE

Hay consenso entre los historiadores de la ciencia en considerar como la primera ley físico-matemática, el descubrimiento, en la Grecia antigua, de las proporciones armónicas sonoras y su demostración en el monocordio. Hay también suficientes evidencias que muestran a la música concebida como una disciplina teórico-especulativa y práctica que pertenecía a los intereses de personajes como Kepler, Descartes, Galileo, Mersenne, Huygens, Newton, y otros, quienes manifestaron gran interés por la música como filosofía natural. A pesar que los historiadores de la ciencia no eran ajenos a ello, se sabe que la música solo llegó a ser un tema de interés en la historia de la ciencia a comienzos de la década de los sesenta del siglo XX. El musicólogo Claude Palisca, al interesarse por los escritos de Girolamo Fracastoro, Giovanni Battista Benedetti y Galileo Galilei, pudo descubrir una anticipación y una conexión entre la obra de este último y los experimentos con cuerpos sonoros realizados por su padre, Vincenzo Galilei, lo que mostraba, de manera obvia,

[...] a knowledge-gap between historians of science and historians of music in our time.<sup>3</sup>

La causa de este *gap* no era aclarada y, sin embargo, la conclusión apuntaba que los experimentos musicales de Vincenzo Galilei y Giovanni Battista Benedetti fueron los primeros actos conscientes que pretendían confirmar una teoría físico-matemática y que Marin Mersenne, hacia 1636, culminaría resumiendo en la que

<sup>2</sup> El término «filosofía natural» se utiliza aquí en el contexto habitual de la historia de la ciencia, es decir, como el conjunto de actividades, que para el siglo XVII, se consideran hoy como investigación científica y que involucran la observación, la experimentación física, la descripción cualitativa y sus intentos de formalización cuantitativa y matemática; todo esto mezclado con la reflexión filosófica que indaga las causas del mundo natural. Entre estas actividades se encontraban las propias de astrónomos, matemáticos y músicos teóricos y teórico-prácticos, los cuales se referían, a menudo, a la música como parte de la filosofía o como una actividad física y filosófica.

<sup>3</sup> Palisca, Claude. «Scientific Empiricism in Musical Thought», en *Studies in the history of Italian music and music theory*. Oxford: Clarendon Press, 1994, p. 201.

se considera la primera ley moderna científica: la *ley de la frecuencia*. En otras palabras, sea por Pitágoras o Mersenne la música habría sido partera o nodriza de la formulación científica; sino es que ella misma encarna dicha formulación, puesto que hablar de historia de la música, por lo menos de la acontecida hasta mediados del siglo XVII, es también hablar de historia de la ciencia.

Ambas leyes nacieron para hallar una conexión entre el fenómeno de la consonancia y el hecho sonoro físico, es decir, entre lo agradable al oído de un hecho físico real y su correspondiente modelo matemático; entre estética y ciencia. Hoy día, la conexión entre un hecho físico y su modelo matemático explicativo prescinde, en la inmensa mayoría de los casos, de los juicios estéticos del observador. No se quiere negar que tanto el acto de observación como el conocimiento producido le reporten algún goce estético a quien lo realiza, e incluso es sabido que el científico se afana por producir teorías simples y «hermosas», pero la conexión que va de la estética a la física, y de ahí a la matemática, no es necesaria: lo que importa es que la teoría sea correcta y coincida con la experimentación predictiva y no importa cuán hermosa sea o cuán listo sea el científico —Feynmann *dixit*—. Es decir, ni se evalúa, finalmente, una formulación científica por su belleza, ni se escucha música o se disfruta el arte plástico para luego formular teorías científicas. Por ello, lo feo, por decirlo así, es, igualmente, matematizable, y no por ello desdeñable como portador de conocimiento. Ahora, la pregunta que se hiciera Pitágoras en los albores del pensamiento filosófico, fue, de hecho, una pregunta estética: ¿Por qué esto es bello? ¿Qué hace que este hecho físico sonoro se presente complaciente y agradable ante nuestros oídos? Y como toda pregunta estética, sigue sin respuesta.

Sin duda, el concepto clásico de «armonía» nació, a aquellos ojos y oídos, como una «doble verdad» que fusionaba la experiencia estética con la formulación científica. Era «verdadero» porque era «bello» y, viceversa. Y, por supuesto, era «bueno» porque todo estaba envuelto en un manto moral: divino, devoto y pío. La música nos hacía «buenas personas»; sea al ciudadano ateniense como al feligrés cristiano —católico o protestante. En resumen, podría decirse que la música era un saber indiferenciado.

#### PRIMER CASO: LA EXCEPCIÓN DEL *HARMONICES MUNDI*

Aunque la música ya pertenezca al grupo de categorías conceptuales que, actualmente, manejan los historiadores de la ciencia, el encontrar partituras musicales en un libro sobre la ciencia del siglo XVII, es muy poco frecuente. Entre las notables excepciones se encuentra el *Harmonices Mundi* de Johannes Kepler<sup>4</sup>. Casi toda

<sup>4</sup> Kepler, Johannes. *Harmonices Mundi*. Linz: Godofredi Tampachii, 1619. Una versión digitalizada facsímil puede descargarse en <http://archive.org/details/ioanniskepplerih00kepl> (revisado el 26-07-2013). Dada la fácil disponibilidad de estos facsímiles digitales, de aquí en adelante, esta obra será citada, en forma de traducción propia, como *KHM*, libro, número de página. La edición de referencia del *Harmonices Mundi* se encuentra como un volumen íntegro —Vol. 6— dentro del compendio de obras titulado Kepler, Johannes. *Gesammelte Werke*. Max Caspar (ed.), 20 vols. Munich: Beck, 1937- En

referencia a esta obra paga el «peaje musical» de colocar el grupo de pentagramas que, a manera de cantinela, este asignó a las órbitas planetarias. Se habla de la siguiente figura:



Fig. 1. Melodías y modos asociados a los planetas individuales y a la Luna, tal como está expuesto en el Libro V del *Harmonices Mundi*

A pesar que estos pentagramas fueran melodías modales asociadas, individualmente, a cada planeta (y no como un todo polifónico) debe reconocerse que han permanecido como el epítome de la idea que supone que hay algo «musical» en el cosmos. Hasta bien avanzado el siglo XX —1985— algunos historiadores de la ciencia y biógrafos consideraban esto —y el resto de la obra de Kepler— como una suerte de «lujuriante fronda de fantasía», impregnada de música, magia, esoterismo y misticismo de donde podía extraerse la casi oculta Tercera Ley Planetaria y entregarla a un «desagradecido» Newton para que este enunciara su Ley de Gravitación<sup>5</sup>.

En la década de los setenta, Daniel P. Walker y Michael Dickreiter mostraron las analogías establecidas por Kepler entre la música y los cielos e insistieron en que no debían ser consideradas tan solo metáforas de su imaginación<sup>6</sup>. Otros aspectos como la entonación justa, la polifonía, así como la referencia a músicos como Orlando di Lasso eran brevemente mencionados como elementos fundamentales para comprender su obra, lo que permite hacer las siguientes preguntas: ¿Por qué para Kepler la polifonía contemporánea era un elemento de tanto peso en sus argumentaciones astronómicas? ¿Por qué insistía Kepler en diferenciar la «música

curso. De aquí en adelante las citas a las obras completas de Kepler, serán colocadas como sigue: *KGW*, volumen, página. La traducción más reconocida por los historiadores de la ciencia es Kepler, Johannes. *The Harmony of the World*. Eric Aiton; Alistair Duncan; Judith Field (trads.). Philadelphia: American Philosophical Society, 1997. De aquí en adelante será citado como *KHW*, número de página.

<sup>5</sup> Véase Koestler, Arthur. *The Sleepwalkers*. Londres: Hutchinson Publishing Group, 1959. La cita está extraída de la versión al castellano, Koestler, Arthur. *Kepler*. Barcelona: Salvat, 1985, p. 141.

<sup>6</sup> Walker, Daniel Pickering. «Kepler's celestial music», en *Studies in musical science in the late Renaissance*. Londres: Warburg Institute, 1979, pp. 34-62. Dickreiter, Michael. *Der Musiktheoretiker Johannes Kepler*. Berna: A. Francke AG, 1973.

moderna figurada» de aquella de los «antiguos»? ¿Qué papel desempeñaba la música de Orlando di Lasso en esas argumentaciones?<sup>7</sup>

La primera mención escrita de Kepler a este músico se encuentra en una carta dirigida a Edmund Bruce de julio de 1599<sup>8</sup>. En ella hace referencia al motete *In me transierunt* como ejemplo de la utilización que hace Lasso de armonías con proporción 8:5 (sexta menor) en sus melodías<sup>9</sup>.



Fig. 2. Motivo inicial del motete *In me transierunt* tal como está expuesto en el *Harmonices Mundi*

Así, asumida en pleno la teoría copernicana, Kepler realizó los requeridos ardidés numéricos para recalcular las observaciones de Tycho Brahe e invitar al lector a «sentarse» en el Sol para observar los planetas orbitar y «cantar» monódica y polifónicamente. Hágase entonces la prueba, escúchese primero un motete como el *Tristis anima mea* —véase enlace en nota 9—, aprópiase de esa complejidad sonora y esa belleza musical y, estimulado por dicha experiencia estética, colóquese «mentalmente» en el Sol, e intente desde ese lugar privilegiado homologar esa complejidad y belleza imaginando, cómo se «escucharía» el gigantesco «motete» celeste.

Pero debe reconocerse que con esta suerte de acto de imaginación «metafórico» no era suficiente. Si algo diferenció a Kepler del simbolismo del resto de exégetas de la tal «música de las esferas» es que aquél homologó planetas con notas musicales a través de una observación astronómica precisa: un dato numérico dinámico, a saber, el ángulo diario recorrido por cada planeta en los llamados *movimientos*

<sup>7</sup> Una versión ampliada de lo que aquí se expone, ha sido presentada y aprobada (en prensa mayo 2013) para el *Anuario Musical*, revista española especializada en musicología editada por el Departamento de Ciencias Históricas-Musicología (antiguo «Instituto Español de Musicología») de la Institución «Milá y Fontanals» (IMF), Centro de Investigación en Humanidades perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

<sup>8</sup> *KGW*, 14, p. 13.

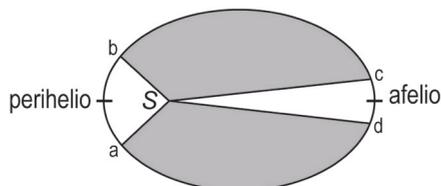
<sup>9</sup> El motete *In me transierunt* (*Me ha trascendido*) se cita, por primera vez en el *Harmonices Mundi*, como ejemplo de excepción —*rarius admittimus*— de intervalo de sexta menor consonante. *KHM*, III, p. 64; *KGW*, 6, p.161; *KHW*, p.221. Este motete a cinco voces pertenecía a la edición: *Sacrae cantiones quinque vocum*. Nuremberg, J. Montanus y U. Neuber, 1562 (RISM 1562a). Los otros dos motetes de Lasso citados por Kepler son *Ubi est Abel* (*¿Dónde está Abel?*) y *Tristis est anima mea* (*Mi alma está triste*) como, también, ejemplos del *delectum* —deleite— que ofrecían las consonancias, entre ellas, la sexta menor. *KHM*, III, p. 84; *KGW*, 6, p.184; *KHW*, p.253. Pueden escucharse las siguientes versiones con un carácter meramente didáctico en <http://www.calderon-online.com/anuariomusical/kepler/motetes/>.

*extremos* alrededor del Sol: *afelio* y *perihelio*<sup>10</sup>. Al comparar ambos datos numéricos —velocidad en el *afelio* contra velocidad en el *perihelio*— obtuvo una proporción que para sorpresa de Kepler —y de sus lectores— coincidía con algunas de las consonancias existentes. Cada consonancia fue asumida como un intervalo melódico que cada planeta «cantaba» y cuyo ámbito discurría desde su nota grave —al *afelio*—, luego ascendía a través de los grados de una escala o modo hasta su nota aguda —al *perihelio*— para luego descender, de nuevo, a la nota base del intervalo melódico. Y así, eternamente. Con tan solo este dato —una proporción entre velocidades angulares—, Kepler construiría todo su edificio músico-astronómico. Con sus cálculos astronómicos en la mano y, dado que nuestra audición interior no es suficiente para acompañarlos, hemos desarrollado una aplicación multimedia que intenta reproducir, lo más rigurosamente posible, lo que la audición interior kepleriana sugería. Se ruega al lector consulte el enlace <http://www.calderon-online.com/anuariomusical/kepler/harmonicemundi.html> y discurra —audiovisualmente— a todo lo largo de la febril imaginación kepleriana que culmina en su llamado «concierto artificial»<sup>11</sup>.

Como puede entonces comprobarse, el objetivo final de Kepler se alcanzaba cuando podía imaginarse al cosmos como un conjunto polifónico que «vocalizaba» sus melodías según las tesituras que se adjudicaran a los planetas, a saber, Bajo: Saturno y Júpiter; Tenor: Marte; Contralto: Tierra y Venus; Soprano: Mercurio. Era ese el momento culminante en que el cosmos debía ser entendido y percibido como un gigantesco y perenne —*rationalis no vocalis*—, motete polifónico<sup>12</sup>.

\* \* \*

<sup>10</sup> Se denomina *afelio*, al punto más alejado de la órbita de un planeta en torno al Sol, y en cuya velocidad angular —medida en grados y minutos de arco por día terrestre— es menor. Asimismo, se denomina *perihelio* al punto más cercano al Sol y donde el planeta alcanza su mayor velocidad. La *Segunda Ley Planetaria* de Kepler expone que, *cada planeta, a lo largo de su órbita, barre áreas iguales en tiempos iguales*. La imagen muestra la Ley (esquemáticamente y según dimensiones a una escala aumentada), estando el Sol en *S* y un planeta orbitando entre los puntos *a-b* y *c-d*. De la imagen y la certeza de la Ley, se deduce que todo planeta durante su recorrido, se encuentra acelerando y desacelerando según se acerque o aleje del Sol.



<sup>11</sup> En dicha aplicación hay un menú que incluye *Sumario de teoría astronómica; Armonía de planetas individuales, Armonía de pares de planetas; Afinación en escala durus y mollis; La manera doble; Los planetas individuales y los modos; Las armonías a seis voces; El concierto artificial*.

<sup>12</sup> *KHM*, V, p. 209; *KGW*, 6, p. 328; *KHW*, p. 446.

Si bien es evidente que de escuchar un motete de Lasso no se deducen, necesariamente, leyes planetarias no es menos cierto que fue esta experiencia estética la que acicató la formulación científica. Y así lo expone Kepler en homenaje a sus contemporáneos cuando escribió:

Síganme músicos modernos y atribúyanle esto [su propuesta astronómica] a sus artes, desconocidas para la antigüedad: la Naturaleza [...], a través de vuestra armonía de varias voces [la música moderna figurada] y a través de nuestros oídos, *nos ha susurrado* de ella misma.<sup>13</sup>

Es decir, la música ha hecho que la Naturaleza «hable», pero, a pesar de esto, Kepler escribió —tímidamente— en una acotación al margen:

¿Estaría cometiendo un crimen si pidiera a un compositor de una generación un ingenioso motete, en lugar de este elogio? Hay textos aptos, el Psalterio Real y otros libros sacros pueden suplirlos. Pero toma nota: en el cielo no más de seis voces hacen armonía.<sup>14</sup>

¿Estaría pidiendo Kepler una bella obra de arte, una correcta e ingeniosa interpretación musical de los cielos, o una versión sonora de sus pacientemente elaboradas en los Libros III y V? ¿Reconocía aquí Kepler la aridez sonora de sus teorías y, tal vez por ello, clamaba por un verdadero compositor? De hecho, si el lector ha podido escuchar —en la aplicación multimedia mencionada según la Nota 11— o imaginar cómo podría sonar toda aquella «música celestial» que, según Kepler, «producen» los planetas, puede y debe, reconocer que es compleja, variada, curiosa e interesante, pero nunca tan hermosa ni seductora como cualquiera de los tres motetes de Lasso que ha mencionado en su obra. En otras palabras la música de las esferas de Kepler es, simplemente, *horrenda*.

Huelga agregar que esto último, como toda disputa estética, es discutible. Pero sí es posible preguntarse: ¿Era entonces este clamor por una obra musical, una solicitud póstuma a Orlando di Lasso, el único compositor que Kepler pareciera admirar y citara a lo largo del *Harmonices Mundi* y que había muerto hace más de una década? Fuera este o no el caso, Kepler nos obligaba a ver en esta geometría que ahora demandaba un motete, la muestra de que, también ahora, la formulación científica clamaba por una experiencia estética.

\* \* \*

A pesar de que, a nuestros ojos y oídos actuales, aparezcan diferenciadas la música de la astronomía, debe reconocerse que en el caso de Kepler, nunca llegaron a separarse. En su momento de mayor caracterización diferenciada tornaban a fundirse la una en la otra, simplemente porque

<sup>13</sup> *KHM*, V, p. 208; *KGW*, 6, p. 323; *KHW*, p. 441.

<sup>14</sup> *Ibid.* Nótese que Kepler insiste en un motete a seis voces, dejando la Luna fuera del discurso musical. Para Kepler la Luna canturrea su monodia, de manera independiente, *cumis assidens*, es decir como si arrullara a la Tierra con una canción de cuna.

[...] Dios no hace nada sin una belleza geométrica [...].<sup>15</sup>

Aquél Dios era, simultáneamente, un esteta y un geómetra; un músico y un astrónomo, y como tal dejó las trazas de su obra. Si bien las proporciones armónicas no son las causas físicas del movimiento, sí son las razones de su diseño y, si bien Lasso no es Dios, pues muy bien que lo imita.

#### SEGUNDO CASO: EL MONOCORDIO «MODERNO» SEGÚN RAMOS DE PAREJA, ZARLINO Y MERSENNE

Como ha quedado establecido en la historiografía musicológica —y en mucho menor medida en la historia de la ciencia— el monocordio de Ramos de Pareja —tal como quedó expuesto en su *Musica Practica*— poseía la mayor cantidad de proporciones de tipo  $n+1:n$  (junto a sus derivadas  $n+2:n$  y  $n+3:n$ ) que, para la época, se hubieran racionalizado matemáticamente en dicho instrumento<sup>16</sup>. En el compendio de proporciones armónicas del tipo llamado *justo*: 2:1, 3:2, 4:3, 5:4, 6:5 y las derivadas 5:3, 8:5, expuesto en su *Musica Practica*, puede decirse que Ramos de Pareja atisbó uno de los problemas fundamentales de la consonancia y la acústica moderna: la conocida serie de sonidos armónicos naturales en una cuerda vibrante. Cuando se menciona ‘atisbar’ se hace referencia a la capacidad y sensibilidad que tuvo Ramos de Pareja para aceptar un esquema de consonancias que si bien ya venían realizando los músicos prácticos, su monocordio lo justificaba matemáticamente a través de fracciones simples o «vulgares». Sin duda, la música práctica, dada su conexión directa con el sonido como fenómeno físico y alejado de la construcción racional especulativa, empujaba constantemente a los cantores e instrumentistas hacia la búsqueda de una sonoridad que poseía sus «picos de consonancia» justamente allí, donde aparecían las proporciones ya referidas y tal como demostrarían los experimentos de la física, la acústica y la psicoacústica posteriores<sup>17</sup>.

No obstante esta intuición práctica de la realidad natural, Ramos de Pareja estaría lejos de elaborar alguna teoría al respecto y habría que esperar hasta la aparición de las investigaciones de comienzos del siglo XVIII de John Wallis en Inglaterra y de Joseph Sauveur en Francia para asistir a una primera exposición detallada de los nodos de la cuerda vibrante. Pero a pesar de lo lejos o cerca que pudiera haber

<sup>15</sup> *KHM*, V, p. 194; *KGW*, 6, p. 308; *KHW*, p. 419.

<sup>16</sup> Existen dos ediciones de este auténtico incunable: una primera: Ramos de Pareja, Bartolomé. *De Musica tractatus*. Bolonia: Johann Schriber e Enrico da Colonia?, mayo 1482; y una segunda de ese mismo año editada en Bolonia: Baltasar de Hiriberia, junio 1482. La traducción al castellano más citada es: *Música Práctica*. José Luis Moralejo (trad.); Rodrigo Zayas (rev.) y Enrique Sánchez Pedrote (int.) Madrid: Alpuerto, (1977) 1990.

<sup>17</sup> Véase la breve revisión introductoria a la psicoacústica actual de la consonancia, en García Pérez, Sara Amaya. *El concepto de consonancia en la Teoría Musical: De la Escuela Pitagórica a la Revolución Científica*. Salamanca: Publicaciones Universidad Pontificia de Salamanca, 2006, pp. 20-30.

estado Ramos de Pareja de este tipo de problemas físicos y acústicos, no fueron estos los que su monocordio intentó resolver. La capacidad explicativa que tuvo su monocordio fue presentada como fundamento de una propuesta alternativa al hegemónico sistema hexacordal de Guido d'Arezzo y sus artificios mnemotécnicos: la escala *ut-re-mi-fa-sol-la* y la mano guidoniana. El monocordio de Ramos de Pareja, a través de un persuasivo procedimiento de sencillas divisiones a mitades y tercios, habría revelado nuevas proporciones sonoras a ubicar como marcas —*imagines* y *notae*— en la materialidad del instrumento<sup>18</sup>. Sin embargo, estas marcas solo quedaban en la memoria material del objeto, al decir de su coetáneo Nebrija, «como los sellos de los anillos en la cera», a pesar de estar imbricadas con las nuevas verdades científico-musicales de la «afinación justa»<sup>19</sup>.

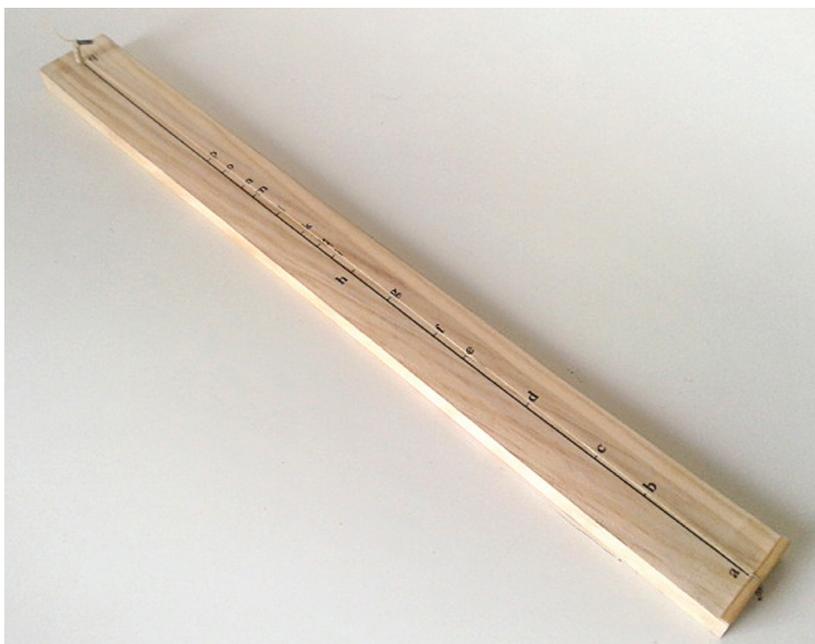


Fig. 3. Monocordio según Ramos de Pareja. Dimensión: 48 x 7 x 1,5 cms

A partir de una sencilla reconstrucción de su monocordio, puede verificarse la intención de Ramos de Pareja: *enséñese, guárdese en la memoria y vuélvase a él en*

<sup>18</sup> A ese respecto, consúltese en la aplicación multimedia <http://www.calderon-online.com/tesis-doctoral/ramos.html> el método de subdivisión del monocordio según Ramos de Pareja. Nótese como en el 3er paso de la subdivisión, después de la octava y la cuarta, e incluso antes que la quinta, se consigue la «moderna» sexta menor de proporción 8:5.

<sup>19</sup> Véase Nebrija, Antonio de. *Rhetorica*. Juan Lorenzo, (ed.). Salamanca: Ediciones Universidad Salamanca, 2007, p. 147.

*caso de olvido*. Ese fue el papel que Ramos de Pareja otorgó a su monocordio. Fue un aparato en el que, de hecho, se experimentó y expandió el conocimiento de la verdadera naturaleza del sonido a partir de aquellas proporciones acústicas, que eran, sin duda, más cercanas al comportamiento real de las ondas estacionarias en una cuerda vibrante. Sin embargo, dichas proporciones fueron presentadas bajo el contexto de la retórica y el *ars memorativa* del siglo xv, las cuales privilegiaban la eficiencia y utilidad práctica del fácil aprendizaje, convirtiendo así al instrumento científico-musical en un *aparato retórico* dispuesto a privilegiar, primero lo verosímil, y solo después (si acaso), lo verdadero.

\* \* \*

En el proceso histórico occidental que racionalizó la cuerda vibrante y sonora, la aparición de la coma sintónica de proporción sesquiochentésima, 81:80, puede interpretarse como la imposibilidad filosófica, teórica y especulativo-matemática de fundir, en una sola entidad conceptual, la antigua teoría de los tetracordos griegos con las prácticas interpretativas que conformaron la llamada «afinación justa» enunciada por Ramos de Pareja. Cuando Gioseffo Zarlino escribía que esta imposibilidad era salvada por cantores e instrumentistas colocando los sonidos «[...] fuera de su forma o proporción verdadera [...] de manera que el oído esté satisfecho [...]»<sup>20</sup>, reconocía que su división del monocordio exponía *verdades teóricas* que eran transformadas en *falsedades prácticas* por razones estéticas. El problema filosófico surgía al no haber fundamentación teórica y matemática que justificara aquella práctica que ya había sido sancionada favorablemente por el juicio sensible y estético. En otras palabras, Zarlino se planteó investigar qué era, exactamente, lo que hacían los prácticos y fundamentar racionalmente dicha práctica fijando los límites que complacieran, tanto a la razón como al sentimiento.

Como ya ha sido descrito en otras investigaciones musicológicas de referencia<sup>21</sup>, su solución consistió en modificar todo el sistema repartiendo los desajustes con miras a privilegiar las modernas terceras y sextas «justas», en detrimento de las antiguas consonancias de cuarta y quinta pitagóricas. Para ello se hizo necesario dividir la minúscula *comma sintónica* en siete partes iguales para poder repartirla y «disolverla» entre las restantes cuerdas. No obstante, Zarlino no disponía de un método matemático —geométrico o aritmético— que dividiera en más de dos partes proporcionalmente iguales un intervalo de proporción *superparticular*  $n+1:n$ , como lo era la proporción 81:80. Para ello, Zarlino «resucitó» el instrumento matemático de herencia griega, llamado *mesolabium* —el determinador de medias—: un dispositivo material mecánico que por medio de la utilización de pliegos de cartón o metal, junto a finísimos hilos, permitía hallar medias proporcionales, entre

<sup>20</sup> Zarlino, Gioseffo. *Le Istitutioni Harmoniche*. Venecia: Francesco dei Franceschi Senese, 1558, p. 145.

<sup>21</sup> Véase Barbour, James Murray. *Tuning and Temperament*. East Lansing: Michigan State College Press, 1951. [Reimp. en New York: Da Capo Press, 1972]. Goldáraz, Javier. *Afinación y temperamento históricos*. Madrid: Alianza, 2004.

EXPERIENCIA ESTÉTICA Y FORMULACIÓN CIENTÍFICA: DOS CASOS DE ESTUDIO  
 CARLOS CALDERÓN URREIZTIETA

dos segmentos. Zarlino presentó, con gran detalle —tanto escrito como ilustrado—, la materialidad y la metodología para el uso del mesolabio, lo que permite presuponer un interés explícito en la construcción y utilización real de este instrumento. Aunque su primera descripción datara de 1558, su correspondencia confirma su existencia real hacia 1579-1580, atestiguando así el interés que despertó en eruditos y matemáticos de la Universidad de Padua como Gian Vincenzo Pinelli y Giuseppe Moletto<sup>22</sup>. Las cartas que todavía permanecían inéditas hasta 1990, evidenciaban que Zarlino mandó a fabricar un par de mesolabios para dar uno a cada colega y que, de hecho, el 3 de mayo de 1580 envió uno de ellos a Pinelli<sup>23</sup>.

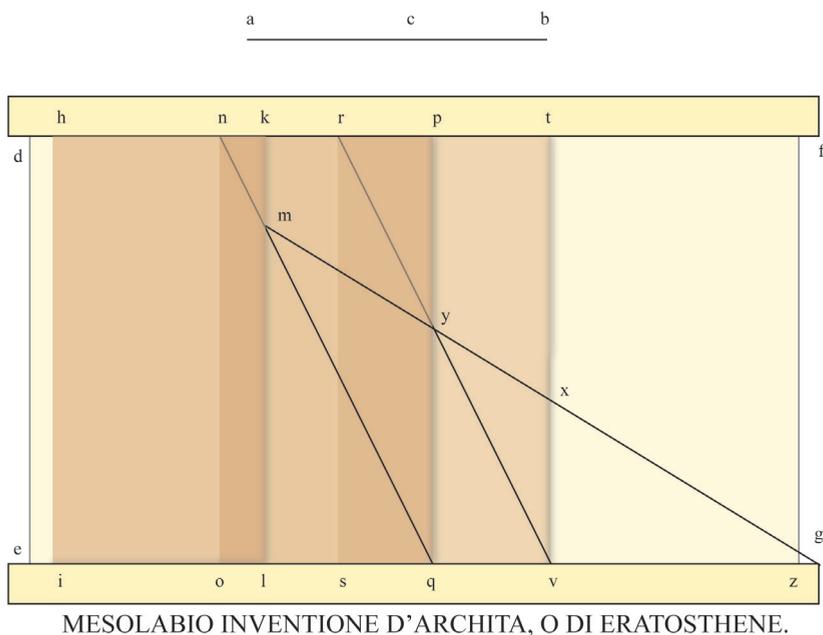


Fig. 4. Redibujo del esquema constructivo y funcionamiento del mesolabio según Zarlino

<sup>22</sup> Gian Vincenzo Pinelli (\*Nápoles, 1535; †Padua, 1601) fue un erudito y humanista establecido en Padua, y reconocido como ávido coleccionista de libros y manuscritos que conformaban una vasta biblioteca. Se le considera el animador de un cenáculo de intelectuales del norte de Italia, así como también de Europa, con quienes mantenía constante correspondencia. A su biblioteca tuvo acceso Galileo Galilei, para quien Pinelli terminaría convirtiéndose en uno de sus mentores. Asimismo poseía una colección de instrumentos matemáticos y se interesó por la óptica a través de las notas de Giuseppe Moletto (\*Messina, 1531; †Padua, 1588) quien fuera profesor de matemáticas de la Universidad de Padua y amigo personal de Pinelli, al punto de confiarle su propia biblioteca en su testamento. Los intereses de Moletto abarcaban muchos campos donde se inscribían, además de la óptica, estudios en mecánica, hidrografía, geografía, hidráulica, relojes, la perspectiva, la escenografía y la música.

<sup>23</sup> Véase Sanvito, Paolo. «Le sperimentazioni nelle scienze quadriviali in alcuni epistolari zarliniani inediti», en *Studi musicali*, 19 (1990), pp. 305-318.

En general, la historiografía, tanto de la historia de la ciencia como musicológica, ha tendido a considerar al mesolabio como un artilugio teórico-abstracto. Animados por la evidente naturalidad con que Zarlino expuso los materiales y la metodología de dicho instrumento, hemos procedido a reconstruirlo e investigar con él.

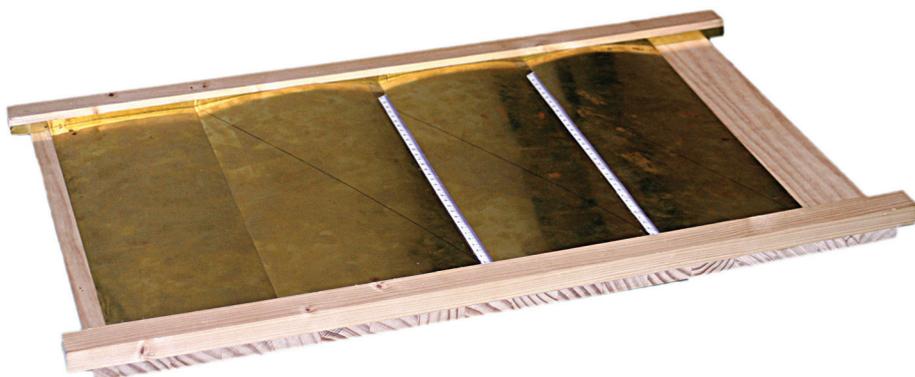


Fig. 5. Reconstrucción del mesolabio según las instrucciones de Zarlino, para hallar dos medias proporcionales. Cada plancha intermedia posee una regla métrica adosada para facilitar las medidas

En el siguiente video <http://www.youtube.com/watch?v=KbKkfqCFy0w> se muestra el mecanismo de funcionamiento de este aparato matemático. De los resultados obtenidos, y otras experimentaciones posteriores se concluye que, tal y como lo propuso Zarlino en el *L'Istitutioni Harmonice* de 1558, y según las dimensiones experimentales utilizadas, el mesolabio era un aparato práctico con una resolución viable y aceptable, a pesar que algunos musicólogos insistan en considerar lo contrario<sup>24</sup>.

Sin embargo, no debía olvidarse que el objetivo filosófico y matemático final de Zarlino con el mesolabio era la división de la minúscula *comma sintónica* en siete partes iguales para poder repartirla entre las restantes cuerdas. Nuestro intento por obtener mecánicamente dichas divisiones, produjo errores acumulativos en un rango mucho mayor de lo tolerable. No obstante, si bien sabíamos que existiría una reducción logarítmica en las subdivisiones, al aplicarse a un pequeño espacio como una *comma sintónica* —entre 0,65 a 1,5 cm para un monocordio de unos 136 cm—, el resultado, tanto matemático como geométrico, era asumible como una

<sup>24</sup> Cfr. Barbieri, Patrizio. «Il mesolabio e il compasso di proporzione: le applicazioni musicali di due strumenti matematici (1558-1675)», en *Musica, scienza e idee nella Serenissima durante il Seicento: atti del convegno internazionale de studi, Venezia-Palazzo Giustinian Lolin, 13-15 dicembre 1993*. Venezia: Edizioni Fondazione Levi, 1996.

*equidistribución aritmética* de los espacios. Así entonces, si un séptimo de coma *geométrica* equivaldría, aproximadamente a 3,07 *cents*, un séptimo de coma *aritmético* son unos 3,06 *cents*; y tal como se ve —y se escucha— la diferencia entre ambos es absolutamente despreciable, tanto en las notas graves como las muy agudas<sup>25</sup>. Por ello, al trasladar dichos cálculos a un monocordio, los umbrales que Zarlino considerara imperceptibles — $2/7$  de coma sintónica—, para su oído de la segunda mitad del siglo XVI, se encuentran muy por debajo de los umbrales de discernimiento en altura del oído humano y según la psicofísica y psicoacústica actuales.

Para experimentar y probar acústicamente estas afirmaciones se ha reconstruido un monocordio según lo expuesto por Zarlino y han sido trasladadas en una hoja de acetato las marcas correspondientes a su división que incluye el ajuste de  $2/7$  de *comma sintónica*<sup>26</sup>.



Fig. 6. Monocordio de  $2/7$  de coma sintónica según Gioseffo Zarlino. Dimensión 137 x 9 x 5 cms

<sup>25</sup> Una *comma sintónica* de proporción 81:80 representaría, en *cents*, el siguiente valor:  $1200 \times \log_2 (81 / 80) \approx 21,5 \text{ cents}$ . Al dividirse en séptimos de proporción igual se tiene una media *m*:

$$m = \sqrt[7]{\frac{81}{80}} = 1,001776... \text{ que, según lo ya expuesto, equivaldría a } 1200 \times \log_2 (1,001776...) \approx 3,07 \text{ cents.}$$

Por lo tanto,  $2/7$  de *comma sintónica* equivalen a 6,14 *cents*. Por otro lado,  $1/7$  «aritmético» de *comma sintónica* equivaldría a convertir la proporción 81:80 en una proporción del tipo 81:(81 - 1/7) = 81:80,857142... Por lo tanto  $1200 \times \log_2 (81/ 80,857142...) \approx 3,06 \text{ cents}$ .

<sup>26</sup> Asimismo, en el enlace <http://calderon-online.com/tesis-doctoral/zarlino.html> puede experimentarse y seguirse, en una aplicación multimedia, la división del monocordio según Zarlino y los umbrales psicoacústicos que planteaba la utilización de los  $2/7$  de *comma sintónica*.



Fig. 7. Detalle de los  $\frac{2}{7}$  de coma sintónica

Los cálculos realizados en nuestras experimentaciones han ofrecido un alegato que, con seguridad, no escapaba del ojo, tanto de teóricos como de artesanos: en espacios pequeños, como la *comma sintónica* de un monocordio, la media geométrica es equiparable a una media aritmética; por ello bastaría con dividirla a espacios iguales. Seguramente, por eso mismo, cuando Zarlino subdivide gráficamente la coma sintónica, resulta inapreciable cualquier reducción logarítmica, tal como se observa, tanto en su detalle, como en nuestra reconstrucción:

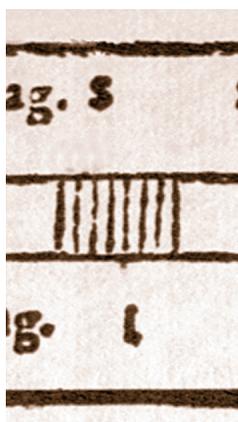


Fig. 8. Detalle de la división de la coma sintónica en séptimos según Zarlino

En resumen, puede afirmarse que en 1558 Zarlino rescató el mesolabio y muy probablemente le sirviera para hacer una subdivisión de la octava en una y hasta dos medias proporcionales, tal como quedó expuesto en su diagrama del *Le Istitutioni Harmoniche*. Ahora, una vez aceptada su viabilidad, puede interpretarse que extrapoló su funcionamiento a cualquier segmento y cualquier cantidad de paralelogramos, convirtiendo así lo que era un aparato mecánico material, en un fundamento especulativo, racional y abstracto que justificaría la división de la minúscula *comma sintónica*. Veinte años más tarde, una vez que otros músicos se hicieran eco del uso del mesolabio —como es el caso del reconocido Francisco de Salinas—, Zarlino reeditaría sus «fundamentos armónicos» y, seguramente, fabricaría otros aparatos para someterlos a debate con sus colegas Pinelli y Moletto, tal como atestiguan sus cartas<sup>27</sup>. Este segundo mesolabio de 1588 no iría dirigido a justificar la subdivisión de la *comma sintónica*, sino la división temperada en doce semitonos iguales de toda la cuerda (en un instrumento como el laúd, lo cual era del todo posible dadas las dimensiones de dicho instrumento) y tal como habría sugerido Salinas en 1577. Ahora, ¿utilizó efectivamente Zarlino el mesolabio en 1558 para dividir esta coma de dimensiones minúsculas? Seguramente no. Si lo hizo, pensamos que tan solo le debió servir para percatarse o inferir la relativa equidistancia de dichas subdivisiones.

Puede concluirse que, a la manera de la psicoacústica actual, Zarlino habría estudiado en el monocordio la conexión entre los estímulos sonoros y las respuestas de un ser humano o un grupo social, relacionando estímulo y respuesta a partir de la experimentación, la medida y el establecimiento de un modelo explicativo-predictivo. Su monocordio no nos hizo conocer más profundamente la realidad natural de la cuerda vibrante, sino que nos habló más de lo que aquella propia comunidad musical entendía por «percepción». En otras palabras, si el primer monocordio que expusiera Zarlino —basado en el célebre *senario*—, puede considerarse una herramienta *apodíctica* por simplemente *demostrar* verdades que ya el propio *senario* contenía dentro de sí, este monocordio ajustado con la ayuda teórica del mesolabio, puede interpretarse como un aparato *dialéctico* en el sentido aristotélico del término: Zarlino ofreció su opinión —*endoxa*—: la coma sintónica es diluible en el resto de las notas; y de ser cierto, no debería ofender al oído.

<sup>27</sup> Francisco de Salinas (\*Burgos, 1513; †Salamanca, 1590), en su *De Musica libri septem*. Salamanca: Mathias Gastius, 1577, mencionaba al mesolabio —seguramente conocido a través de la obra de Zarlino—, y proponía su utilización para dividir la octava en 12 semitonos iguales. Como puede observarse, hay un margen de doce años entre la mención del mesolabio, por parte de Zarlino, en 1558, y esta mención de Salinas de 1577. Solo posteriormente, en los *Sopplimenti Musicali* de 1589, Zarlino haría una mención a la división de la octava en 12 medias proporcionales, por lo tanto, algunos musicólogos han querido ver aquí que Zarlino, a pesar de haber «resucitado» el mesolabio, no habría tenido la idea de aplicarlo a la octava entera, sino tan solo, después de haber conocido la obra de Salinas. No hay evidencias de que esto haya sido así y, por ello Salinas ha sido considerado como pionero en enunciar el sistema de temperamento igual. Véase el ya mencionado Barbour, James Murray. *Tuning and Temperament* (1972), p. 50. Una comparación entre Zarlino y Salinas, a este respecto, puede verse en García Pérez, Sara Amaya. *El número sonoro. La matemática en las teorías armónicas de Salinas y Zarlino*. Salamanca: Caja Duero, 2003.

Zarlino pasó a demostrarlo siendo él mismo la «opinión autorizada», cuyo apoyo, descansaba en la «mayoría» de los músicos prácticos.

En suma, la tarea de Zarlino habría sido el planteamiento básico de problemas que podrían colocarse en los siguientes términos: ¿Cuál era el umbral de un placer consonante y matematizado? O a la inversa: ¿cuál era el umbral de una matemática que podía ser consonante y placentera al oído? En otras palabras, ¿qué disciplina determinaba la verdad de la ciencia musical: la estética o la matemática? Como es sabido, para los cantores y músicos prácticos, la respuesta a estas preguntas era hallada de manera «natural», ajustando sus voces o temperando «intuitivamente» sus instrumentos. Pero, para Zarlino —*musico perfetto*, al fin—, la respuesta —luego de debate *dialéctico*— cobraba forma numérica, en la media proporcional de séptimos de coma, es decir, una aritmética de números irracionales que justificada por la geometría mecánica del mesolabio, era investigada, clasificada, descrita y puesta a prueba, sensiblemente, en el monocordio.

\* \* \*

La Proposición XII del *Livre Premier des Instruments* del *Harmonie Universelle* de Marin Mersenne, titulada «Expliquer la figure du Monochorde, et toutes les divisions», se inicia con este párrafo introductorio:

Si se entienden las proposiciones precedentes, no hay necesidad de explicar aquí el monocordio, puesto que lo he discutido aquí tan amplia y exactamente, que no se puede (me parece a mí) desear nada más, a no ser que los Prácticos crean que este discurso sea demasiado especulativo. Hemos visto, también, el método de construirlo hacia el final de la cuarta Proposición, donde expliqué la regla armónica de Ptolomeo; *sin embargo*, coloco aquí una figura particular, a fin de ajustarme de tal manera a la Práctica y a los usos, que no haya ningún Constructor de instrumentos o Músico, que no lo comprendan tan bien como yo, y que no puedan restablecer la Música por medio de aquella [la figura], aunque esta [la Música] se haya perdido del todo y borrado de la memoria de los hombres.<sup>28</sup>

Esta proposición mostraba un pequeño pero claro ejemplo del conocimiento musical del temprano siglo XVII, y en particular, de la mirada de Mersenne. Nótese, por una parte, cómo la confianza en el razonamiento abstracto y matemático le ha llevado a declarar que la figura del monocordio —y por ende, el objeto—, no era necesaria; pero por otra parte, nótese cuán atento estaba Mersenne a los aspectos prácticos y constructivos de los instrumentos musicales, que lo inducían a asumir que toda la ciencia musical estaba contenida en ese objeto. Nótese la tensión entre las dos posiciones, pues ambas aproximaciones, aunque comparten verdades

<sup>28</sup> La cursiva es nuestra. Mersenne, Marin. *Harmonie Universelle, contenant La Théorie et La Pratique de la Musique. Livre Premier des Instruments*. París: Sebastien Cramoisy, 1636, p.32. A partir de esta cita, cuando se haga mención a esta obra, se colocará la cita bibliográfica como sigue: Mersenne [1636] y el correspondiente libro y número de página.

EXPERIENCIA ESTÉTICA Y FORMULACIÓN CIENTÍFICA: DOS CASOS DE ESTUDIO  
CARLOS CALDERÓN URREIZTIETA

musicales y se encuentran juntas en el monocordio, no parecían necesitarse la una de la otra.

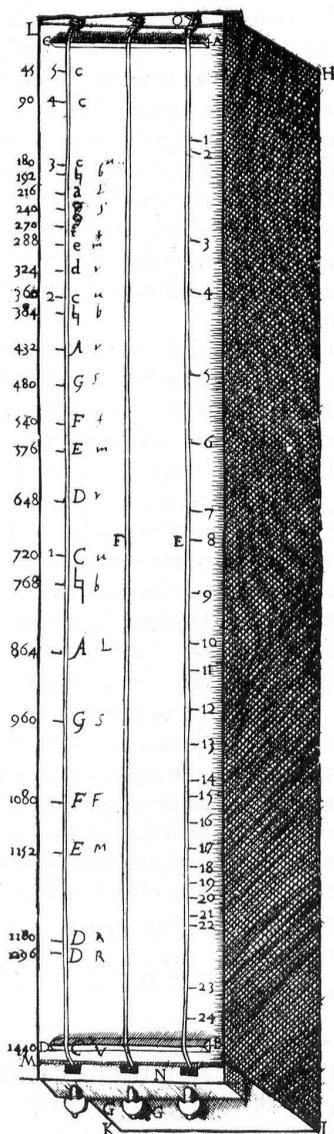


Fig. 9. Monocordio de la Proposición XII del Livre Premier des Instruments de la Harmonie Universelle

EXPERIENCIA ESTÉTICA Y FORMULACIÓN CIENTÍFICA: DOS CASOS DE ESTUDIO  
CARLOS CALDERÓN URREIZTIETA

La ilustración del monocordio que ofreció Mersenne es, sin duda, una de las más explícitas que pueden encontrarse en la larga lista de tratados musicales que han versado sobre dicho instrumento. Con miras a experimentar con más detalle la capacidad de este instrumento, se ha realizado una reconstrucción material, apegados a las instrucciones que dejara escritas Mersenne. A continuación, una imagen del instrumento y su acabado final:



*Fig. 10. Aspecto final de la reconstrucción del monocordio según Mersenne<sup>29</sup>*

Se ha construido un monocordio de 72 cm de longitud de cuerda, dado el valor de 1440 unidades que Mersenne colocara al margen derecho de su ilustración. Además de ser una dimensión similar a la de laúdes y violas da gamba, el número 72 es divisor simple de 1440 y permitía que las marcas fueran fácilmente transferibles a través de una hoja transparente de acetato. Una vez afinadas las tres cuerdas en unísono y colocada en su lugar la hoja transparente con sus marcas, la ejecución del monocordio se percibe harto correcta. A diferencia de los monocordios de Ramos de Pareja y Zarlino, que eran secos y menos resonantes, la octava resuena como consonancia perfecta, e igualmente las quintas y cuartas «justas». La comparación con la cuerda central facilita la percepción armónica de los intervalos

<sup>29</sup> En el enlace <http://www.youtube.com/watch?v=n7DG84wZkc0> el lector puede observar un vídeo que narra las fases y el proceso de esta reconstrucción, para la cual se han seguido las instrucciones de Mersenne lo más exactamente posible. Igualmente, en el enlace [http://calderon-online.com/tesis-doctoral/mersenne\\_xii.html](http://calderon-online.com/tesis-doctoral/mersenne_xii.html) pueden seguirse, audiovisualmente, los argumentos expuestos por Mersenne a lo largo de su proposición.

y tanto terceras como sextas muestran su consonancia en su «justa» proporción. Las diferencias entre tono menor y mayor, junto a la *comma sintónica*, son también perfectamente audibles y reconocibles. Las notas agudas son menos resonantes, pero son igualmente discernibles. En resumen, el monocordio de Mersenne funciona correctamente, hasta tal punto que si se prescindiera de la hoja transparente, se haría fácil reconstruir las consonancias y las proporciones armónicas, dada su resonante sonoridad. Además de otorgar el *plaisir* prometido por Mersenne, sin duda, se está delante de un instrumento que permitía discernir entre la consonancia y sus umbrales psicoacústicos con mucha mayor precisión.

Asimismo, dada la resonancia del instrumento, si después de pulsar la cuerda se mueve inmediatamente el caballete —sea acortando o alargando—, se escucha con gran facilidad y de manera muy perceptible —a manera de *portamento*— una infinita sucesión de sonidos. Mersenne se había expresado acerca de este tipo de «infinito», cuando hablaba de la música de violas y violines, los cuales eran capaces de mostrar «[...] una infinidad de sonidos intermedios entre lo grave y lo agudo, de igual manera que hay una infinidad de colores entre el blanco y el negro»<sup>30</sup>. La cuerda podía ahora ser considerada como un *continuum* con toda su infinidad, y por eso, en ella no habría lugares prohibidos, ni no-racionalizados, como en los casos de Ramos de Pareja y Zarlino. Su naturaleza sonora «infinita», percibida ahora con facilidad, puede ser entendida como condición requerida para la subsecuente Proposición XIV, la cual señalaba «[...] otro monocordio más útil y más fácil» donde, se habría puesto la «exactitud más grande que podía imaginarse»<sup>31</sup>.

Este otro monocordio de temperamento igual se construyó según los valores calculados por Jean Beaugrand<sup>32</sup>. Sus aproximaciones numéricas, once números irracionales incluidos entre los números 100.000 y 200.000, se mostraban en las siguientes tablas:

<sup>30</sup> Mersenne [1636] *Livre Premier des Instruments*, p. 14.

<sup>31</sup> Mersenne [1636] *Livre Premier des Instruments*, p. 37.

<sup>32</sup> Jean Beaugrand (\*París?, 1595; †?, 1640). Alumno del reconocido matemático François Viète, fue matemático oficial de la corte del Duque Gastón de Orleans, hacia 1630. La poca información que se tiene de él, proviene de las cartas que cruzara con otros personajes de mayor relevancia histórica como Descartes, Fermat y el propio Mersenne, a quien visitara en su celda en París entre 1634 y 1637; justamente, los años de preparación y publicación de la *Harmonie Universelle*. Mersenne se refiere a Beaugrand en dos oportunidades como «tres-excellent Geometre». Véase Mersenne [1636] *Livre Premier des Instruments*, p. 37 y *Livre Quatrieme des Instruments*, p. 202.

13	g	100,000.
12	xf	$\sqrt{cccc}$ . 2, 000000000000, 000000000000, 000000000000, 000000
		000000, 000000000000.
11	F	$\sqrt{cc}$ . 2, 000000, 000000, 000000, 000000, 000000.
10	E	$\sqrt{qq}$ . 2, 0000, 0000, 0000, 0000, 0000.
9	xd	$\sqrt{c}$ . 2, 000, 000, 000, 000, 000.
8	D	$\sqrt{cccc}$ . 32, 000000000000, 000000000000, 000000000000, 0000
		00000000, 000000000000.
7	xc	$\sqrt{q}$ . 2, 00, 00, 00, 00, 00.
6	C	$\sqrt{cccc}$ . 128, 000000000000, 000000000000, 000000000000, 000
		00000000, 000000000000.
5	q	$\sqrt{c}$ . 4, 000, 000, 000, 000, 000.
4	B	$\sqrt{qq}$ . 8, 0000, 0000, 0000, 0000, 0000.
3	A	$\sqrt{cc}$ . 32, 000000, 000000, 000000, 000000, 000000.
2	xg	$\sqrt{cccc}$ . 2048, 000000000000, 000000000000, 000000000000, 00
		0000000000, 000000000000.
1	G	200, 000.

Fig. 11. Esquema, en notación matemática del siglo XVII, para las raíces del cálculo de las medias proporcionales entre 100.000 y 200.000<sup>33</sup>

*Monochorde ou Diapason des touches*

I	II	III	IV	V
a	100,000.	c.	100,000.	n
xg	105946	q	105945	m
G	112246	b	112245	l
xf	118921	A	118920	k
F	125993	xg	125992	i
E	133481	G	133480	h
xd	141422	xf	141421	g
D	149830	F	149829	f
xc	158741	E	158740	e
C	168179	xd	168178	d
q	178172	D	178171	c
b	188771	xc	188770	b
A	200,000.	C	200,000.	

Fig. 12. Cálculo y números según Jean Beaugrand. En las columnas II y IV se ofrece una aproximación por exceso y por defecto al cálculo exacto

<sup>33</sup> Mersenne [1636] *Livre Premier des Instruments*, p. 38. La notación musical utilizada por Mersenne supone que:

- q significa  $\sqrt{2}$  (raíz cuadrada)
- c significa  $\sqrt[3]{2}$  (raíz cúbica)

siendo entonces,  $\sqrt{qq} = \sqrt[4]{2}$ ;  $\sqrt{cc} = \sqrt[6]{2}$ ;  $\sqrt{cccc} = \sqrt[12]{2}$  Véase Cajori, Florian. *A History of Mathematical Notations*. New York: Dover, 1993, p. 369.

Según la notación moderna y cálculos exactos, las tablas anteriores pueden resumirse y escribirse como sigue:

	Nota	Notación científica	Media proporcional	Valor final
13	<b>g</b>	100000	$^{12}\sqrt{(2^0) \times 10^5}$	100000,0000
12	<b>xf</b>	$^{12}\sqrt{(2 \times 10^{60})}$	$^{12}\sqrt{(2^1) \times 10^5}$	105946,3094
11	<b>F</b>	$^6\sqrt{(2 \times 10^{30})}$	$^{12}\sqrt{(2^2) \times 10^5}$	112246,2048
10	<b>E</b>	$^4\sqrt{(2 \times 10^{20})}$	$^{12}\sqrt{(2^3) \times 10^5}$	118920,7115
9	<b>xd</b>	$^3\sqrt{(2 \times 10^{15})}$	$^{12}\sqrt{(2^4) \times 10^5}$	125992,1050
8	<b>D</b>	$^{12}\sqrt{(32 \times 10^{60})}$	$^{12}\sqrt{(2^5) \times 10^5}$	133483,9854
7	<b>xc</b>	$^2\sqrt{(2 \times 10^{10})}$	$^{12}\sqrt{(2^6) \times 10^5}$	141421,3562
6	<b>C</b>	$^{12}\sqrt{(128 \times 10^{60})}$	$^{12}\sqrt{(2^7) \times 10^5}$	149830,7077
5	<b>‡</b>	$^3\sqrt{(4 \times 10^{15})}$	$^{12}\sqrt{(2^8) \times 10^5}$	158740,1052
4	<b>B</b>	$^4\sqrt{(8 \times 10^{20})}$	$^{12}\sqrt{(2^9) \times 10^5}$	168179,2831
3	<b>A</b>	$^6\sqrt{(32 \times 10^{30})}$	$^{12}\sqrt{(2^{10}) \times 10^5}$	178179,7436
2	<b>xg</b>	$^{12}\sqrt{(2048 \times 10^{30})}$	$^{12}\sqrt{(2^{11}) \times 10^5}$	188774,8625
1	<b>G</b>	200000	$^{12}\sqrt{(2^{12}) \times 10^5}$	200000,0000

Fig. 13. Medias proporcionales en función de raíces duodécimas y exponentes del 0 al 12. En la última columna, los valores exactos con aproximación de cuatro decimales. Compárese las filas 10, 5 y 4 con los pequeños errores de la tabla anterior de Beaugrand

El propio Mersenne sabía que dichos números, no eran ni muy exactos ni justos, pero:

[...] ellos se aproximan, no obstante, tan cerca, de manera que no fallan más de una cienmilésima parte, lo que está muy lejos de los sentidos: por eso se pueden tomar como las verdaderas líneas medias proporcionales y colocarlas en los mástiles del laúd y otros instrumentos [...].<sup>34</sup>

Mersenne aseguraba que, al experimentar con este monocordio, podían observarse sus intervalos, en especial las quintas,

<sup>34</sup> Mersenne [1636] *Livre Premier des Instruments*, p. 38.

[...] sin ofender al oído: por lo tanto no hay más necesidad de hablar de ello, [...].<sup>35</sup>

Con tan solo pasar una página, Mersenne habría eliminado siglos de discusiones —matemáticas y metafísicas— en torno a la armonía, y habría también, aceptado el temperamento igual. Todo ello, partiendo de la matemática de los irracionales, la consideración de la cuerda como un *continuum* sonoro de posiciones infinitas, y manteniéndose ajeno a toda especulación pura o mental, es decir, experimentando e investigando en un aparato material, sonoro y resonante.

\* \* \*

Después de la anterior Proposición xv, Mersenne asignó diversos usos al monocordio, que permitirían demostrar *que la preocupación estética de índole cualificativa dió paso a la investigación científica de carácter descriptivo, cuantitativo y predictivo*. Diversas proposiciones y argumentaciones, permiten vislumbrar una actitud teórico-experimental cuyo punto de partida no era la búsqueda de las razones del placer o de la belleza, sino el conocimiento de la naturaleza y su compleja red de variables y propiedades. La consonancia como concepto asociado a lo agradable al oído, dejaría así de poseer un interés como motor de la investigación y el conocimiento que produciría el monocordio se liberaría de consideraciones estéticas. Con ello el instrumento entraría en lo que se ha denominado *an-aesthesia*, es decir, un espacio de investigación donde lo sensible persiste, pero ha dejado de estar asociado a la belleza o al arte.

La primera de estas argumentaciones «anestésicas», estaba expuesta en la Proposición xvi, cuyo encabezado incluía: «Determinar la fuerza de todos los tipos de cuerda, cualquiera que sea la longitud o grosor que puedan tener; [...] dar el peso necesario para romper cada cuerda dada: además, hallar el peso que produce una tensión igual para todo tipo de cuerdas [...]»<sup>36</sup>. Por un lado, Mersenne buscaba tensar la cuerda, hasta romperla, para obtener así información de la cualidad y morfología —longitud y grosor— de los metales que la conformaban y gobernaban su resistencia. Por el otro, comparaba cuerdas con diferentes longitudes, grosores y tensiones, pero colocadas todas al unísono para establecer las relaciones numéricas que posibilitaban esta especie de «ecuación» acústica. Se hace evidente que ambos experimentos no investigaban, ni el sonido ni el tono (sea grave o agudo, ni mucho menos si es agradable o desagradable al oído). En resumen, romper las cuerdas o utilizar el unísono como rasero de las variables físicas, eran actos que, a todas luces, podían interpretarse como «anestésicos», en la medida en que la belleza, entendida como lo agradable al oído, ni interesaba, ni como causa ni como efecto, ni como fundamento ni como meta.

En las proposiciones siguientes —xvii a xx— Mersenne se dedicó a lo que para él era una de las dificultades *plus grandes de la Musique* es decir, cuantificar las

<sup>35</sup> *Idem*, p. 41.

<sup>36</sup> *Idem*, p. 42.

vibraciones —*retours et tremblements*— de la cuerda, sea suspendida o fija entre dos puntos. En el caso de la cuerda suspendida con un peso colocado al extremo —a manera de péndulo—, Mersenne enumeró, en la Proposición XIX, los siguientes usos: medicinales (como referencia para comparar las variaciones del pulso de un enfermo); astronómicos (medir la duración de un eclipse) y para la relojería (el diseño de relojes con péndulo de precisión). Asimismo, contar las vibraciones le parecía a Mersenne la tarea *plus grand et difficile* de la Música, dado lo imperceptible del fenómeno. Por ello, sus experimentos adquirieron dimensiones gigantescas para adecuarse a los sentidos humanos. En el *Livre Troisième des Instruments* expuso que:

[...] si se extiende una cuerda de Espineta o Laúd de 100, o de 120 pies, como yo he hecho, se encontrará que cada vibración de dicha cuerda se hace en un segundo [...].<sup>37</sup>

Esta experimentación, con cuerdas de aproximadamente 30 a 40 m, demostraba, claramente, que el fenómeno ya no era ni musical ni estético, pero aún más, tampoco interesaba como experiencia sonora. Queda claro que 1 Hz es, absolutamente inaudible, y lo que interesaba a Mersenne era el comportamiento de la cuerda como mero *fenómeno ondulatorio*. Esta liberación de los aspectos sensibles auditivos —ya no solo estéticos, sino psicofísicos—, alcanza su cota máxima cuando Mersenne, confiado en su capacidad descriptiva y de cálculo, predecía que bastaría con una tabla numérica para que un hombre sordo afinara un instrumento de cuerdas. La Proposición VII del *Livre Troisième des Instruments*, se tituló: «Un hombre sordo puede encordar [afinar] el laúd, la viola, la espineta y otros instrumentos de cuerda, y hallar los sonidos que el quiera, si conoce la longitud y el grosor de las cuerdas: de allí procede la Tablatura de los sordos». Es decir, dado entonces un material, y tres variables físicas (longitud, grosor y tensión), se habría terminado por configurar la *ley de la frecuencia* para lo que *ninguno requiere de sensibilidad auditiva, ni musical ni estética*:

$$f \propto \frac{1}{L} \sqrt{\frac{T}{d}}$$

Igualmente, la siguiente proposición rezaba: «Que se puede saber el grosor y la longitud de las cuerdas sin medirlas y sin verlas, por medio de los sonidos»<sup>38</sup>. Era, sin duda, complemento de aquella proposición dedicada al «hombre sordo», pero ahora, sin medir y sin ver —un «hombre ciego», seguramente— con lo cual se podrían conocer las dimensiones de una cuerda vibrante. Es decir, dado un sonido, un hombre ciego podría predecir si proviene de oro, plata, o tripa y, a la vez, ofrecer las posibles dimensiones para una hipotética cuerda. Con esto, la teoría

<sup>37</sup> Mersenne [1636] *Livre Troisième des Instruments*, p. 150.

<sup>38</sup> *Idem*, p. 126.

armónica habría quedado definitivamente reducida, «anestésicamente» hablando, a *un modo de relaciones e interconexiones de las variables físicas naturales*: sin adjetivos calificativos, sin categorías del gusto y, sin fruición estética alguna.

\* \* \*

Alejado entonces el monocordio del placer sonoro y de la experiencia estética, quedaba orientado como instrumento científico destinado a la descripción, el cálculo y la predicción de las variables físicas. Solo bajo estos criterios puede comprenderse que Mersenne considerara ahora que su monocordio sería capaz de servir como instrumento meteorológico, *v.g.*, un barómetro, puesto que

La experiencia hace ver que las cuerdas de una Viola [cuerdas de tripa] tienden a subir más alto cuando el tiempo es húmedo, que cuando es seco [...] [y] esto quiere decir, que cuando una cuerda se sube más de una Tercera mayor, cuya razón es de 4 a 5, el aire es una cuarta parte más húmedo que como estaba antes [...].<sup>39</sup>

Aunque este «monocordio-barómetro» aún participaba del fenómeno acústico, era posible «anestetizarlo» aún más (colocando pesos en la cuerda), y utilizarlo sin preocupación sonora alguna, puesto que

[...] pueden verse los diferentes grados de humedad por las diferentes elevaciones de peso, como se reconocen los distintos grados de luz y de calor por las diferentes elevaciones del Sol [...].<sup>40</sup>

Las observaciones sobre el estiramiento y encogimiento de las cuerdas, según la humedad del ambiente, fueron extrapoladas por Mersenne hacia la ingeniería —*la volonté des Ingeniers*— que podían servirse de estas propiedades para conocer que

[...] las cuerdas, que se usan para hacer sonar las campanas, son más cortas en invierno que en verano, y lo que ocurre igualmente, a las que son suspendidas de las bóvedas de las Iglesias para bajar las lámparas [...].<sup>41</sup>

Estas citas mostraban nuevas tareas (totalmente independientes de fenomenología estética musical alguna), sea la meteorología o la ingeniería para levantar pesos. Nada en estas proposiciones finales se refería al placer o a la belleza del sonido. El interés en el hecho físico en sí de la cuerda que vibra, hizo que la *antigua armonía* cediera el paso a la *moderna acústica*. Puede verse en esas páginas la transición que partía de una *filosofía natural* —la *Música*— hacia una temprana *ciencia moderna* —la *Acústica*—, como un proceso que incorporaba una *an-estetización* de los juicios filosóficos. Mersenne y sus monocordios ya no describían una cuerda que vibraba «agradablemente al oído», sino una cuerda que,

<sup>39</sup> *Idem*, p. 130.

<sup>40</sup> *Idem*, p. 132.

<sup>41</sup> *Ibid.*

simplemente, era una «vibración» según sus variables físicas y matematizables. Así pues, las razones físicas producirían sonidos, y el monocordio podía convertirse en barómetro, grúa —u otra cosa—, puesto que la compleja red interconectada de fenómenos y variables físicas así lo permitiría. Al hacerlo, el hombre sordo y el ciego —que ya se habían alejado de la belleza musical y ejercían de afinadores numéricos—, podrían convertirse en meteorólogos o ingenieros, y con ello se habría abandonado definitivamente el mundo musical y artístico.

\* \* \*

En este proceso histórico, estuvo siempre presente el problema teórico-práctico de la consonancia —junto al placer funcional y cualificativo que la justificaba—, pero, como puede demostrarse, fue cediendo paso hacia un interés formal y cuantitativo, que, finalmente, prescindiría de toda estética *a priori* como fundamento de la investigación musical. Este proceso, iniciado a mediados del siglo xv, avanzó tanto de manos de músicos prácticos, como de los especulativos y los filósofos naturales, y para mediados del siglo xvii, la música terminó escindiéndose —como es sabido—, en acústica y música propiamente dicha; es decir, en *ciencia física* y *arte musical*. Allí donde Kepler no llegó a separar ambas disciplinas por homologarlas en un único arquetipo geométrico-armónico; los monocordios de Ramos de Pareja, Zarlino y Mersenne permiten visualizar una suerte de «difracción epistémica», que tiene, sin duda, su metáfora de luz blanca en la ciencia musical de los siglos xv, xvi y xvii, vista esta como lo que era: un saber indiferenciado. Estos monocordios fueron el prisma que reveló el espectro.

## Créditos de procedencia de las imágenes

Las imágenes que no aparecen acreditadas en la presente relación proceden del tratado *De Musica libri septem* de Francisco de Salinas, Salamanca, Matías Gast, 1577 o han sido elaboradas por los propios autores.

### CAPÍTULO 1

Figs. 1 y 2: Kepler, Johannes. *Harmonices Mundi*. Linz: Godofredi Tampachii, 1619. En: Archive.org (<http://archive.org/details/ioanniskeplerih00kepl>).

Fig. 8 : Zarlino, Gioseffo. *Istitutioni harmoniche*. Venecia: Francesco dei Franceschi Senese, 1558. En: *Music Treatises of Gioseffo Zarlino* (CD-ROM). *Thesaurus musicarum italicarum*. Universidad de Utrecht.

Figs. 9, 11 y 12: Mersenne, Marin. *Harmonie Universelle, contenant La Théorie et la Pratique de la Musique. Livre Premier des Instruments*. Paris: Sebastien Cramoisy, 1636. En: Bibliothèque National de France. Gallica ([gallica.bnf.fr](http://gallica.bnf.fr)).

### CAPÍTULO 3

Fig. 2 : Zarlino, Gioseffo. *Sopplimenti musicali*. Venecia: Francesco dei Franceschi Senese, 1588, lib. IV, cap. 30. En: *Music Treatises of Gioseffo Zarlino* (CD-ROM). *Thesaurus musicarum italicarum*. Universidad de Utrecht.

Fig. 3: Artusi, Giovanni M. *L'Artusi, ovvero delle imperfezioni della moderna musica*. Venecia: Giacomo Vincenti, 1600, fol. 21r-21v. En: Bayerische Staatsbibliothek, Digitale Bibliothek (<https://www.bsb-muenchen.de/Digitale-Sammlungen.72.0.html>).

Fig. 5: Nieto González, J. R., y Paliza Monduate, M. T. *Arquitecturas de Ciudad Rodrigo*. Ayuntamiento de Ciudad Rodrigo, 1994, pp. 52 y 55.

#### CAPÍTULO 4

Fig. 1: Lefèvre d'Étaples. *Elementa musicalia*. 1496, III, f. g6v, 2. En: *Thesaurus musicarum latinarum*. Indiana University (<http://www.chmtl.indiana.edu/tml/start.html>).

Fig. 2: Fogliano, Lodovico. *Musica Theorica*. III, 2, f. 36r. En: *Thesaurus musicarum latinarum*. Indiana University (<http://www.chmtl.indiana.edu/tml/start.html>).

Fig. 4: Goldáraz Gaínza, J. Javier. *Afinación y temperamentos históricos*. Madrid: Alianza, 2004, p. 126.

#### CAPÍTULO 5

Fig. 1: Salinas, Francisco de. *Anotaciones sobre el calendario gregoriano* (1583). En: Biblioteca Nacional de España, sign. ms. 23106.

#### CAPÍTULO 11

Fig. 1: Narbáez, Luys de. *Los seys libros del Delphín*. Valladolid: Diego Hernández de Córdoba, 1538. En: Biblioteca Nacional de España (Madrid), sign. R. 9741.

Fig. 2: Pisador, Diego. *Libro de música de vihuela*. Salamanca: D. Pisador, 1552. En: Biblioteca Nacional de España, sign. R. 14060.

Fig. 3: Fuenllana, Miguel. *Orphénica lyra*. Sevilla: Martín de Montedoca, 1554. En: Biblioteca Nacional de España, sign. 9283.

Fig. 29: *Cancionero de la Sablonara*. En: Bayerische Staatsbibliothek, Múnich, BSB, Cod. hisp. 2.

Figs. 31 y 42: *Cancionero musical de Palacio*. En: Biblioteca del Palacio Real (Madrid), sign. II/1335/1335.

Fig. 34: Valderrábano, Enríquez de. *Libro de música de vihuela intitulado Silva de sirenas*. Valladolid: Francisco Fernández de Córdoba, 1547. En: Biblioteca Nacional de España, sign. 14018.

Fig. 36: Bermudo, Juan. *Arte Tripharia*. Osuna: Juan de León, 1550. En: Biblioteca Nacional de España, sign. M/1366.

Fig. 39: Fuenllana, Miguel. *Orphénica lyra*. Sevilla: Martín de Montedoca, 1554. En: Biblioteca Nacional de España, sign. 9283.

#### CAPÍTULO 13

Fig. 1: Cerone, Pietro. *El melopeo y maestro*. Nápoles: G. B. Gargano & L. Nucci, 1613. En: Biblioteca Digital Hispánica ([bdh.bne.es/bnearch/detalle/3512912](http://bdh.bne.es/bnearch/detalle/3512912)).



En los talleres salmantinos de Intergraf  
terminose de estampar este acopio de estudios  
en conmemoración del quinto centenario del nacimiento  
del maestro Francisco de Salinas, siendo el día 11 de junio de 2014,  
víspera de que la ciudad celebre con música más ruidosa que *estremada*  
la festividad de su patrono San Juan de Sahagún, colegial de la misma Universidad  
de Salamanca en la que fuera catedrático Francisco en otro tiempo de los ochos siglos que  
en 2018 cumplirá de su fundación, la más antigua de todas las que en el mundo hablan español.

