FRANCISCO SALINAS (1513-1590): LA TEORÍA MUSICAL EN LA ENCRUCIJADA ENTRE LO ANTIGUO Y LO MODERNO

ALFONSO HERNANDO GONZÁLEZ
Universidad de Burgos

1. Introducción

La teoría musical ha sido considerada como uno de los ingredientes fundamentales de la ciencia durante más de dos mil años. Desde el punto de vista historiográfico uno de los momentos más interesantes corresponde al desarrollo de la teoría musical durante el siglo XVI, ya que en este periodo todos los autores se mueven entre la antigüedad, la edad media, y la llegada de las nuevas ideas, de forma casi siempre muy mezclada y confusa. La mayor parte de los teóricos importantes del periodo considerado son italianos. Entre los que no lo eran destaca Francisco de Salinas (1513-1590), cuyas contribuciones son de gran interés (tanto en sus aciertos como también en sus errores).

La obra de Salinas ha sido objeto de diversos estudios, pero casi siempre desde un ángulo más vinculado a los aspectos musicológicos[1], sin prestar demasiada importancia al contenido matemático de su obra y al papel que juega en su compleja forma de entender las teorías musicales.

2. La música y su lugar dentro de las ciencias

Para Salinas la importancia de las matemáticas (y más específicamente de la aritmética) en la exposición de la música es enorme, lo que no era ni mucho menos una novedad. Sin embargo, el músico burgalés destaca en su esfuerzo por clarificar la relación entre ambas. Adoptando la noción de número sonoro, por la que se pone en relación la longitud de la cuerda que produce el sonido con el sonido mismo (utilizando siempre números naturales)[2], está en condiciones de aplicar gran parte de los conocimientos matemáticos del momento a la teoría musical. Esta decisión

[1] Podemos indicar entre otros el estudio reciente de OTAOLA (1997) dedicado íntegramente a Salinas, o los contenidos en León TELLO (1962), pp. 591-632. Un texto muy interesante desde el punto de vista que aquí nos ocupa es el breve artículo GOLDÁRAZ (1998). Una obra de referencia sobre el siglo XVI desde una perspectiva musicológica es PALISCA (1985). En lo que se refiere a la historia de la afinación se puede consultar el muy informativo GOLDÁRAZ (1992).

[2] El germen de esta idea ya está en los teóricos pitagóricos. Sin embargo, en el renacimiento, el libro que la sistematiza es FOGLIANO (1529), que comienza precisamente con su definición y que la utiliza a lo largo de toda la obra. Zarlino y Salinas, aunque no lo digan, toman esta noción de Fogliano, véase PALISCA (1985), pp. 246-247 y GOLDÁRAZ (1992), p. 46. Desde un punto de vista moderno, cada sonido queda caracterizado por el inverso de su frecuencia, o por su longitud de onda.

de Salinas le lleva a indagar en la estructura matemática de la afinación, y también de otros aspectos musicales, con un rigor y detenimiento superior al de sus antecesores[3].

Salinas dice explícitamente que la música sólo está interesada en lo numérico en tanto que discreto y que, por tanto, las proporciones continuas, irracionales, etc. (asociadas a la geometría), no tienen cabida en él: “Por cuanto la música es una disciplina subalterna de la aritmética, como ya ha quedado asentado, y por consiguiente sólo le interesan las proporciones aritméticas”[4]. Esta idea, presente en la mayoría de los teóricos contemporáneos y anteriores, le conduce (como tendremos ocasión de comprobar) a contradecirse con otros puntos de su obra en los que tiene que recurrir precisamente a este tipo de razones.

El tipo de matemática que usa Salinas se hace exclusivamente con números naturales sin que aparezcan decimales, y las proporciones tampoco se ponen como fracciones, sino que solamente se dice que dos números están en la proporción correspondiente[5].

Salinas, cuando se acerca a la música desde el ángulo de la física, en seguida cambia de asunto con disculpas del tipo de que, si siguiera por ese camino, parecería que estaba hablando de física en lugar de música, justificando así la rápida vuelta a su tratamiento habitual exclusivamente basado en los aspectos numéricos[6].

[3] El trabajo esencial de Salinas consiste en el estudio numérico de los intervalos y su colocación en la escala (lo que le lleva el segundo libro entero y parte del tercero). Además en otros puntos se enfrasca con aspectos no tan centrales, haciendo uso del análisis numérico: Una gran parte del libro quinto de SALINAS (1577) está específicamente dedicado a estudiar todas las posibilidades de los ritmos atendiendo a la duración del compás, con la limitación de sólo admitir dos tipos de duración de la nota (1 y 2). Con este sistema describe todos los posibles casos (excepto cuando la duración total es siete). Otro ejemplo curioso de análisis combinatorio se da en SALINAS (1577), IV, 5. Lo mismo se puede decir del estudio de los modos en el libro cuarto. Más adelante nos referiremos a otros ejemplos.
[4] SALINAS (1577), I, 10, p. 52. Las proporciones irracionales se denominaban sordas. Véase en el mismo sentido ZARLINO (1558), I, 21, p. 32.
[5] Salinas, sin embargo, se refiere en numerosas ocasiones a que determinadas operaciones producirían fracciones y, al menos, en una ocasión incluye una en un diagrama, SALINAS (1577), III, 14, p. 263. Zarlino, a diferencia de Salinas, utiliza algunas fracciones en su ZARLINO (1571), pero tampoco es un recurso muy frecuente. Por otro lado, Zarlino, en esa misma obra, alude a la extracción de raíces cuadradas, aunque sin indicar su valor, ni siquiera aproximado.
[6] Por ejemplo en SALINAS (1577), I, 1, p. 34, se hace exactamente eso. En SALINAS (1577), II, 2, p. 111, después de citar la definición de sonido de Tolomeo: “Sonido es el estremecimiento del aire”; añade lo siguiente: “dejamos para los físicos todo lo que se refiere a su constitución natural [o sea, la naturaleza física del sonido] para que no parezca que nos interesa más la física que la música”. Análogas ideas se exponen en SALINAS (1577), IV,

Salinas ni siquiera menciona la hipótesis de que lo agudo y lo grave se diferencian en la mayor rapidez o lentitud del movimiento, cosa que era habitual en los tratadistas antiguos que conoce tan bien (por ejemplo, en Boecio)[7]. Al dejar que la música pivote exclusivamente alrededor de la noción de número sonoro (cosa que hacen tanto Zarlino como Salinas), desaparece la base física. Como consecuencia se trenza un complicado entramado de relaciones numéricas a las que se trata de buscar contrapartida musical.[8] Sea como sea, toda la música teórica de la época dependía de la correlación música-matemáticas que sólo se rompería a favor de la física con las aportaciones de Benedetti, Galileo, Huyghens, etc.

Salinas, retomando ideas de larga tradición, deja claro que la música se debe elaborar teniendo en cuenta las directrices de la razón a la vez que el testimonio de los sentidos[9]. De hecho, la mayor parte de las críticas que vierte sobre diferentes teorías tiene como eje fundamental el incumplimiento de esta premisa. Así a los pitagóricos les reprocha que, en ocasiones, sólo se fiaron de la razón sin atender al testimonio de los sentidos[10]. Mientras que a Aristoxeno (que se sitúa en el polo opuesto a los pitagóricos y que venía a decir que de nada valían las razones mate-

14, p. 357. En ZARLINO (1588), I, 9, se trabaja con el esquema de que la música es una parte de la matemática. En realidad, de nuevo, Salinas y Zarlino siguen la senda abierta por Fogliano; pues, aunque al principio de su FOGLIANO (1529), f.1a. se cita a Aristóteles para indicar que la música es una disciplina intermedia entre la matemática y las naturales, su tratamiento es, pese a algunos insertos de asuntos físicos (aristotélicos), básicamente numérico. Esta misma idea de Aristóteles, se cita en SALINAS (1577), I, 4, para a continuación afirmar que "De todas maneras, es mejor llamar matemática a la música, por cuanto el músico ya no considera el sonido como una cosa natural o física sino en cuanto principio del canto.." p. 40. Salinas por tanto es mucho más radical que Fogliano, lo que, en último término, conducía al aislamiento de la música.

[7] En BOECIO (1989), I, 2-3, 188-190, se alude a la mayor o menor rapidez y frecuencia de los movimientos sonoros, cosa que también aparece, aunque menos desarrollada, en la obra atribuida a Euclides. Por otro lado, la física de su momento tampoco hubiera ayudado demasiado a Salinas.

[8] Descartes, en su obra sobre música, DESCARTES (1618), por citar uno de los autores más importantes del momento, no sólo acepta el senario, véase más adelante, sino que supone que la progresión aritmética tiene más importancia que la geométrica en música. No obstante, hay que tener en cuenta que es una obra de la juventud primera del célebre filósofo.

[9] En efecto, ya en SALINAS (1566) se refiere a la importancia de estos dos elementos en numerosas ocasiones, por ejemplo, en f. 18b, y f. 55b. En su obra posterior de 1577 se multiplican los ejemplos; véanse las siguientes notas, como ilustración.

[10] SALINAS (1577), II,10, pp.127-128. En este capítulo recrimina a los pitagóricos que se fijaran en el juicio de la razón, sin hacer caso al oído. Salinas se hace eco de las críticas de Tolomeo que señala que los pitagóricos, no es que no usaran la razón, es que la usaban mal. TOLOMEO (1989), I, 7, pp. 288-289. También en el libro cuarto, capítulo 17 y siguientes vuelve a achacar a los pitagóricos parecidas cosas.

máticas a la hora de establecer las leyes de la afinación y de la música) le recrimina el que sólo atendiera a los sentidos, y no prestase atención a la razón[11].

Aunque ambos elementos tienen un papel que jugar, no existe una auténtica trabazón entre ellos, por eso no nos puede extrañar que la física sea para Salinas un lugar inapropiado para la música. Es decir, la razón (lo numérico) y los sentidos (la sensación que producen) quedan como elementos importantes y con alguna relación, pero en lo fundamental están aislados el uno del otro.

El vínculo entre ellos puede aclararse mejor mediante una cita de su primer libro: "Los jueces en la Armónica son el sentido y la razón, ..., y si bien el sentido, es, por así decir, el mensajero y el portero que anuncia y traslada todo lo que llega hasta su puerta a la razón, que es su misma señora y reina, es ésta realmente la que juzga y discierne"[12]. Sin embargo, en su obra posterior, Salinas no tendrá más remedio que hacer que la "señora y reina" deje en varias ocasiones parte de su poder.

En la ciencia moderna el criterio empírico sirve de contrastación o de refutación de teorías previas, lo que a su vez conduce al refinamiento, perfeccionamiento, o, en su caso, sustitución de la teoría, que nuevamente es sometida a contrastación. Esta íntima unión de ambos elementos es, sin ningún género de dudas, uno de los puntos cruciales en los que se separa lo antiguo de lo moderno (A menudo se ha dicho, sin mucho fundamento, que en la ciencia antigua no hay apelación a lo empírico. Resulta más correcto decir que lo empírico se engarza con lo teórico de forma bien distinta en la antigüedad y en la modernidad).

3. La búsqueda del sistema musical perfecto

3.1. La idea de perfección

Para Salinas es central la idea de que existe un sistema *perfecto* en lo que respecta a las cosas musicales. Así dice, refiriéndose a una de las características de uno de los sistemas musicales: "Lo cual no está pensado ciertamente por mente humana sino que hay que creer que ha sido puesto por la eterna razón"[13]. Toda la primera parte de su libro tercero está dedicada a la búsqueda de ese sistema perfecto. Cuan-

[11] SALINAS (1577), IV, 23, p. 377. Zarlino también indica que los aristoxénicos sólo prestaban atención a los sentidos, véase, por ejemplo, ZARLINO (1588), I, 11, p. 32. Esta crítica está tomada de las obras antiguas, ya que aparece en Boecio II, 31, p. 267 y III, 1, p. 268. A su vez Boecio la toma de otras fuentes anteriores como Tolomeo.

[12] SALINAS (1566), f. 5b. A continuación se afirma que para actuar grosso modo es suficiente con los sentidos, pero que si se quiere ser preciso hay que recurrir a la razón. En 1577 Salinas pasará a sostener una posición más matizada; véase más adelante.

[13] SALINAS (1577), III, 12, pp. 253-254. Se pueden ver comentarios semejantes en otros lugares de la obra, por ejemplo, en el capítulo 7 del libro tercero. En SALINAS (1577), III, 14, pp. 260-261 se indica que no hay que extrañarse de que Zarlino y él mismo hayan encontrado el mismo sistema ya que la verdad es sólo una. Un argumento similar se da en SALINAS (1577), IV, 32, p. 400.

do lo encuentra dice: "Si todo esto se efectúa como debe ser, según sus justas dimensiones, se logrará perfectísimamente el diagrama de la armonía universal, absolutamente completo y acabado, el más perfecto que en este tema armónico jamás se pueda encontrar"[14]. De lo que se desprende que Salinas cree (o, al menos, trata de creer) que la ciencia musical emerge de algo absoluto y que tiene que ver con esa *razón* a la que alude, eso sí con el intermedio de los sonidos y la consiguiente ayuda para el músico de la percepción.

3.2. El senario

Uno de los grandes redescubrimientos de la teoría musical del renacimiento fue el de la tercera justa (cuya relación de frecuencias es 5/4)[15]. Mediante ella se ampliaba la tradicional afinación pitagórica que sólo usaba quintas (relación 3/2). Fruto de ello surge el problema de señalar qué relaciones deben usarse y cuáles no. La teoría más famosa fue la del senario, que decía que todos los intervalos musicales que correspondieran a fracciones en las que entraban números hasta el seis estaban bien, mientras que las que lo sobrepasaban no eran aceptables. El más célebre partidario del senario fue Zarlino, pero también otros muchos autores, entre los que está Descartes, lo adoptan. Salinas recoge las ideas de Zarlino (en algunos casos de forma literal) pero sin situar al senario en el centro de su teoría, mientras que Zarlino en sus tres obras sobre teoría musical va dando cada vez más importancia a esta hipótesis[16]. Salinas, de forma algo diferente, si bien defiende el senario, lo utiliza para apoyar la existencia de una cierta perfección absoluta: "En esto [la estructura del senario] se muestra el admirable y casi divino artificio, no fabricado por el en-

[14] SALINAS (1577), III, 8. p. 232. Salinas se refiere a su "descubrimiento" del género enarmónico del cual canta sus perfecciones durante los siguientes capítulos.

[15] La tercera justa ya había sido utilizada por algunos autores de la antigüedad, por ejemplo, Tolomeo y Dídimo, pero su primera aparición en el renacimiento se debe a Ramos de Pareja, RAMOS (1482). Esta obra también es curiosa por su recurso constante a la numerología. Entre sus aportaciones está la defensa de la octava frente a otros intervalos (recuérdese que en la Edad Media y en la Grecia Clásica los intervalos básicos eran respectivamente el tetracordo, cuarta, y el hexacordio, sexta). Salinas seguirá esa línea de defensa de la octava en varios pasajes de sus textos conservados. Aunque en esta comunicación no nos ocuparemos de ese aspecto, ciertamente interesante, de su obra; fue uno de los puntos en los que Salinas anuncia la modernidad de forma más clara. Para todos los detalles sobre los diferentes tipos de intervalos musicales en las distintas escalas se puede consultar, por ejemplo, GOLDÁRAZ (1992), o, con una perspectiva menos histórica y más acústica, PIERCE (1985).

[16] Así en ZARLINO (1558) se dedican varios capítulos a contar las bondades del seis en diferentes partes del universo mundo, echando mano para ello de recursos eruditos de todo tipo. En sus *Dimostrationi*, aunque de forma más sobria, se refuerza su papel; véase ZARLINO (1571), todo el ragionamento segundo. Por último en ZARLINO (1588), I, 1, p. 8, nada más empezar la obra, se hace una declaración de principios en el mismo sentido.

tendimiento humano, sino sacado de la misma razón armónica”[17].

En su *De musica libri septem* opta por un sistema en el que recomienda el uso de los intervalos justos, basados en relaciones sencillas. Cuando llega al siete detalla una serie de argumentos por los que no se deben considerar los intervalos correspondientes (entre otros el recurso a la percepción de dichos intervalos), de modo que, si bien apoya el senario, lo hace de forma más indirecta[18].

3.3. Salinas y la numerología

Aunque Salinas adopta, digamos, el paradigma numerológico, se aprecia con claridad un esfuerzo por reducir a sus justos términos todo tipo de especulación, tratando de eliminar los factores que distorsionaban una correcta comprensión de los fenómenos musicales. Ya hemos citado el tratamiento del senario; pero, como era de esperar, Salinas también se refiere a otros números célebres.

El uso del número tres en la numerología musical es casi asfixiante a lo largo de la historia. Se supone que ya los pitagóricos decían que el tres era un número muy especial (¡porque era el primero que tenía principio, medio y final!), y Salinas alude a ello en algunas ocasiones[19]. Pues bien, al final de su libro primero hace una digresión muy larga para argumentar que, al menos en un caso, ese recurso a la trinidad, carecía de justificación[20]. Precisamente, para mostrarlo acomete el desarrollo más interesante desde el punto de vista matemático de su obra, ya que no sólo hace un estudio bastante completo de los números binomiales, sino que compone una demostración de cierta complejidad y originalidad, a la que da un nivel y una seriedad

[17] SALINAS (1577), II, 12, p. 135. La evolución de Salinas es distinta de la de Zarlino, ya que en SALINAS (1566) se da mayor importancia al senario que en su obra de madurez.

[18] SALINAS (1577), II, 14. Asimismo en SALINAS (1566) se alude brevemente a este poco aprecio de los intervalos 7/6 y 8/7, f. 26b. Recuérdese que, como ya se ha dicho, también en el terreno rítmico Salinas deja aparte al número 7. La tradición que hace que el armónico 7 no sea utilizado en la música occidental es muy compleja, pero por unas razones u otras casi todos los teóricos del renacimiento se inclinaron por su eliminación. Entre los autores que mencionas la posibilidad de su introducción está Euler.

[19] SALINAS (1577), I, 6, p. 44. De forma curiosa, Salinas cita a Aristóteles, repitiendo casi literalmente el párrafo al comienzo de su *Perì Ouranoû* en el que habla de la importancia del tres. Digo que es curioso, porque es uno de los pocos lugares en los que Aristóteles habla de forma amable de la numerología pitagórica; ya que, en gran parte de su obra, prodiga las críticas a estas ideas (véanse, por ejemplo, los libros 13 y 14 de la Metafísica). Aspecto de gran importancia en su obra, a pesar de que no suele recordarse muy a menudo.

[20] SALINAS (1577), I, 27, p. 92. Salinas con cierta ironía se refiere a los que reforzaban la numerología antigua con ideas relacionadas con el misterio de la santísima trinidad: “Nosotros, sin embargo, sin quitar nada al misterio de la Trinidad, demostraremos que, no solamente de tres igualdades se puede sacar la desigualdad. Sino también de cualquier número de términos iguales”.

muy considerables. Es decir, Salinas, para criticar un aspecto muy concreto de los excesos de la numerología más o menos al uso, se embarca en una empresa que le alejaba de la música propiamente dicha (como él mismo señala) y de cierta altura matemática[21].

A lo largo de su obra menudean otras críticas en las que Salinas rechaza los argumentos numerológicos, sobre todo cuando entraban en conflicto con aspectos de su sistema que procuraba siempre apoyar en el testimonio de los sentidos[22].

En el libro tercero, sin embargo, después de acabar la descripción de sus tres *géneros*, cosa que hace con gran seriedad y rigor[23], se embarca en una serie de consideraciones que le devuelven a la numerología. En efecto, indica orgulloso que el número de notas de cada modo, coincide con el de tres cuadrados sucesivos (los números, son 9, 16 y 25). A continuación relaciona los tres géneros con las tres dimensiones (También hace esta comparación con las tres formas de igualar los tonos mayores y menores). Finalmente, Salinas se refiere a las características de los números mínimos que aparecen en cada uno de los géneros para apoyar su vuelta a la numerología[24].

[21] Todo ello aparece en SALINAS (1577), I, 26-28. Son los tres últimos capítulos de la primera parte. Por razones de espacio no entraré en detalles de esta interesante exposición (que yo sepa nunca se ha hecho), sólo señalaré algunas características: Comienza estudiando las progresiones geométricas (siempre empezando por 1), para buscar un procedimiento que permita averiguar los siguientes términos desemboca en los coeficientes del binomio. Posteriormente diseña un sistema por inducción completa (aunque sin hacer una demostración completamente rigurosa) para ver que se pueden obtener los siguientes términos de cada progresión usando, de hecho, coeficientes binomiales. A continuación obtiene el propio triángulo de Pascal y estudia algunas de sus propiedades. Salinas da el descubrimiento como propio y dice que no continúa con la investigación por no alejarse demasiado de los asuntos propiamente musicales. Aunque hay otros precedentes, en el Occidente la primera aparición del triángulo de Pascal conocida es de 1527. Para más detalles sobre su “descubrimiento” en Occidente se pueden consultar, por ejemplo, SMITH (1958), II, pp. 508-512 y STRUIK (1986), pp. 21-26.

[22] Un ejemplo es su crítica del uso del cuatro por el pitagorismo; véase Salinas (1577), IV, 17, p. 364.

[23] SALINAS (1577), III, 1-12. Esta parte de su obra significa la culminación de todo su esfuerzo en el establecimiento de la escala “perfecta” a la que ya hemos aludido. No podemos detenernos más que para señalar su importancia. Todo su tratamiento de la división de la escala (libro 2) y su búsqueda de la escala perfecta tienen muchos rasgos originales de los que el mismo Salinas se enorgullece; para sus detalles, sobre todo desde el punto de vista musicológico, se pueden consultar los estudios citados de Otaola, León Tello y Goldáraz. En SALINAS (1566) también se acomete esta tarea, pero no se detalla el último género, el enarmónico, y su tratamiento de los otros dos es algo distinto.

[24] SALINAS (1577), II, 14. Lo que Salinas llama números mínimos consiste en encontrar los números naturales más pequeños con los que se puede reproducir la estructura de una escala. Lógicamente a medida que la escala se complica sus números mínimos aumentan. Salinas

De esta manera se comprende la encrucijada en la que se encuentra Salinas: Por un lado, se esfuerza en dar mayor rigor a la música teórica; pero, al final, acaba utilizando algunos argumentos que le devuelven a las ideas antiguas. Resulta claro que su crítica no es suficientemente profunda, aunque bien mirado difícilmente podía serlo.

En cualquier caso la teoría musical del siglo XVI en general, y la obra del músico burgalés en particular, ponen de manifiesto el papel de los sistemas numerológicos que, en unas ocasiones entorpecían y en otras facilitaban el avance en diferentes campos, pero que siempre constituían un ingrediente fundamental de la cultura de la época en todos los campos.

Resulta bien patente que la numerología no tendía puentes entre la teoría y la experimentación, más bien degeneraba en una ingeniosa apología del número deseado en función de los intereses del autor (sin duda, Zarlino ocupaba un lugar de honor en esa tarea). En este sentido el refinamiento de Salinas que se fija en aspectos más estructurales (y no en números concretos) parece que le pone en el camino hacia otra forma de concebir las cosas, pese a lo cual no consigue (era imposible) avances decisivos; pero sí facilitaría el camino de algunos autores posteriores tales como Mersenne y Huyghens que conocieron y utilizaron su obra.

3.4. La imposibilidad de lo perfecto

Actualmente es elemental probar que la espiral de las quintas (utilizar el intervalo 3/2 reiteradamente) nunca puede cerrarse (nunca se llega a un intervalo del tipo 2^m). Cuando, como se hizo en el Renacimiento, se utilizan otros intervalos, el resultado es análogo. Por tanto, resulta imposible que todos los intervalos obedezcan a relaciones sencillas. Lo que sí puede hacerse es ir añadiendo intervalos de diferentes tipos, aunque eso no impide que sigan apareciendo intervalos no deseados, a la vez que se complica la estructura de la propia escala. A esa tarea de "rellenar" la octava de forma "perfecta" se aplicaron los teóricos, sin saber (aunque seguramente lo intuían) que tal cosa era imposible[25]. De tal dificultad ha salido la gran cantidad

dedica bastante espacio a detallar y justificar los números que a él le parecen más idóneos, que también dependen de en qué nota se empiece. En este sentido las diferencias entre *Salinas* (1566) y (1577) hablan bien claro del esfuerzo realizado por integrar todo su trabajo en un esquema unitario.

[25] Ya en la obra de música atribuida a Euclides se comprueba que seis tonos pitagóricos (9/8) son más de una octava (2/1). Asimismo se demuestra que un intervalo de la forma $(n+1)/n$ no puede dividirse en dos iguales (por números racionales se sobreentiende); todo ello para criticar a Aristoxeno. La comprobación de que seis tonos no son una octava aparece con frecuencia en los tratados del siglo XVI, entre ellos los de Zarlino y Salinas [véase *Salinas* (1577), III, 14, pp. 262-263]. Sin embargo, lo que no se encuentran son razonamientos generales o argumentos matemáticos más profundos que demuestren la generalidad de las conclusiones más allá de los casos particulares.

de afinaciones que en el mundo han sido, en las que siempre se ha obtenido un compromiso entre lo *perfecto* y lo *posible*. Esta es la auténtica cruz de la teoría de la afinación musical (pero también lo que produce su riqueza, sus matices y su discusión hasta el día de hoy, ya que, al no haber criterios indiscutibles, son defendibles diferentes opciones). El detalle de esta discusión nos llevaría muy lejos, por eso sólo vamos a señalar que Salinas destaca en esa búsqueda y en la investigación de los intervalos que resultan. Fruto de ello es la triple estructura de la gama que propone: notas diatónicas (corresponde más o menos a nuestras teclas blancas del piano), notas cromáticas (análogamente con las notas negras), notas enarmónicas (en las que se añadían algunas notas ya que, lógicamente, un semitono con intervalos racionales, no puede ser igual a la mitad de un tono). Además de otros problemas, esta estructura es ingobernable debido a la gran cantidad de notas que salían, por lo que, en la fabricación de instrumentos (y en particular de órganos), se tenía que optar por estructuras más sencillas (aunque a veces se construyeron órganos con teclados muy complejos).

4. Finale agitato

4.1. Del sistema perfecto a la escala temperada

Salinas, como consecuencia de lo que acabamos de decir, y después de describir su sistema "perfecto", dedica varios capítulos de su libro tercero al estudio de las escalas imperfectas que se llamaban temperadas (hoy en día, cuando hablamos de escalas temperadas, siempre nos referimos al temperamento de intervalos iguales, pero en el siglo XVI había muchos temperamentos, y ninguno era el igual)[26]. Con tal procedimiento se trata de llegar a un compromiso entre lo perfecto y lo posible. Todo este proceso (como ha sido reconocido en varias ocasiones) le lleva a un análisis más detallado del que habían hecho sus predecesores y culmina con su estudio de la escala temperada de 12 semitonos iguales (la que se usa en la práctica totalidad de la música de los últimos siglos)[27]. La historia de este descubrimiento no deja

[26] Estos temperamentos, conocidos como temperamentos mesotónicos, fueron usados durante mucho tiempo en los órganos. Aunque históricamente se produjeron de otro modo, hoy se suelen conocer por el intervalo que se resta a la quinta justa para obtener otros intervalos con más precisión. Se suelen medir utilizando la coma sintónica como unidad. La coma es la diferencia que hay entre un tono mayor (9/8) y uno menor (10/9) y equivale a 81/80. Fogliano ya había estudiado un tipo de temperamento, Zarlino en 1558 describe otro, y en 1571 analiza con más detalle el que había usado Fogliano. Por fin en SALINAS (1577), III, 13-26, se estudian estos dos sistemas y se añade otro distinto. Salinas comenta que, como la diferencia de unos a otros es muy pequeña, pueden ser utilizados los tres (p. 298), acudiendo como en otras ocasiones al testimonio de los sentidos. Véase GOLDÁRAZ (1992), pp. 83-112 para más detalles.

[27] Dentro de las escalas de intervalos iguales, también se han utilizado en ocasiones otros números además del 12. Los mismos sistemas mesotónicos están emparentados con escalas temperadas de diferentes números de intervalos. Uno de los primeros temperamentos más o menos iguales fue el sostenido por Nicola Vicentino en 1555. Este autor fue partidario de

de tener su miga, ya que una escala de ese tipo se usaba de forma habitual en los instrumentos de trastes, además de ser más o menos defendida por algunos teóricos desde, por lo menos, la obra de Aristoxeno. Sin embargo, lo que no se había hecho era un estudio de cómo podía construirse teóricamente y de cuál era la diferencia entre los intervalos de esta escala y los de las "perfectas" (que Salinas mide en "partes" de coma)[28]. En este sentido la importancia de Salinas es indiscutible, ya que, por un lado, está bastante claro que su estudio es cronológicamente el primero, y que, en todo caso, lo hace de manera independiente. Aunque esto ha sido dicho en otras ocasiones, me parece justo recordarlo porque creo que el trabajo de Salinas tiene una enorme importancia en el establecimiento de la gama usual que es justo reivindicar[29].

4.2. Salinas y la geometría

La escala temperada conduce inevitablemente a la aparición de relaciones que no se pueden expresar como fracciones, sino que exigen el uso de raíces. En caso de que la raíz fuera cuadrada, esto se puede hacer con regla y compás, y los teóricos solían usar el sistema puesto en circulación por Lefèbre d'Étaples[30] y que procede en último término de Euclides. Cuando hay que dividir un intervalo en tres iguales es preciso recurrir a una raíz cúbica, lo que ya no es posible con regla y compás, pero sí con el mesolabio; un instrumento diseñado por Eratóstenes y que aparece en las obras de Zarlino y de otros autores (Salinas, en su obra alude a él). En caso de que la raíz sea de orden superior también se puede utilizar el mesolabio, pero al ser un sistema que consiste en el encaje de unas piezas dentro de otras a base de tanteo, es bastante claro que su precisión era muy pequeña.

En este contexto, intenta Salinas otro procedimiento de naturaleza geométrica y sólo con regla y compás (cosa que, como acabamos de mencionar, es imposible), en

algo muy similar a una escala temperada de 31 intervalos iguales. Varios estudiosos posteriores han apreciado considerablemente esta escala, así como otras con un número de intervalos distinto de 12. Sin embargo, Salinas critica severamente la teoría de Vicentino.

[28] Véase SALINAS (1577), III, 26, 29, 30 y 31, en los que se dan los detalles. Estas "partes" de coma para ser evaluadas precisan de realización de raíces, a veces de grados elevados, por lo que Salinas se conforma con darlas así sin precisar nunca valores numéricos, aunque sí compara sus tamaños relativos en cada uno de los sistemas.

[29] En GOLDÁRAZ (1992), pp. 117-120 se documenta la historia del descubrimiento de Salinas, y queda bastante clara su prioridad. Como se afirma en la obra citada: "Es sorprendente que ningún historiador musical español que sepamos haya reivindicado para Salinas, si no la invención, al menos, la primera exposición exacta del temperamento igual".

[30] Su obra LEFÈBRE (1496) *Musica libris quator demonstrata* fue citada muy a menudo, sobre todo en conexión con esta técnica matemática. Fogliano ya usa este procedimiento para dividir la coma sintónica en dos partes iguales y de este modo avanzar hacia las escalas temperadas [FOGLIANO (1529, f. 36a]. De nuevo se comprueba el importante papel de este precursor.

el que recurre a la razón áurea, diciendo que es un sistema ideado recientemente (se supone que no por él, ya que si no lo lógico es que lo hubiera dicho, como hace en las ocasiones en las que aporta algo). En todo caso, si bien es verdad que el sistema proporciona la posibilidad de calcular series de segmentos que estén cada uno en la misma proporción con el siguiente, sin embargo, esa proporción no es ni de lejos la que se necesita para construir escalas temperadas de 12 semitonos iguales[31].

Por otro lado, Salinas no se atreve a dar aproximaciones numéricas, de modo que su análisis resulta poco operativo, ya que no dispone de técnicas matemáticas suficientes[32]. En realidad, cuando se trata de matemáticas, solamente cita fuentes muy antiguas. De hecho el matemático más moderno que cita es Jordano Nemorario (autor del siglo XIII), lo que hace que no pueda disponer de técnicas que de hecho ya empezaban a existir para el manejo de sus escalas. Por eso su obra tiene un cierto tono contradictorio ya que hace innovaciones en la teoría musical con una infraestructura matemática que estaba ya bastante desfasada. En cambio Zarlino cita, aunque en contadas ocasiones, a matemáticos contemporáneos de enorme categoría tales como Stifel o Tartaglia[33].

En sus *Sopplimenti musicali* de 1588, Zarlino aprovecha el diseño del temperamento igual (seguramente tomándolo de Salinas); y, con buen criterio, invierte una gran parte de su libro en la descripción de su construcción y en la utilización de toda una serie de técnicas matemáticas auxiliares[34]. Zarlino llega a especificar tres procedimientos geométricos diferentes y todos correctos, y no cabe duda de que

[31] Toda esta serie de desgraciados errores aparecen en SALINAS (1577), III, 31, pp. 313-314. Es posible no obstante que el germen de verdad que contiene fuera aprovechado por Zarlino. En todo caso es una pena que justo después de detallar uno de sus mejores hallazgos cometa errores que hablan de la poca familiaridad de Salinas (que era ciego) con las técnicas geométricas.

[32] Veáse, antes, la nota 28.

[33] Por ejemplo en ZARLINO (1571), Rag. III, p. 158. En la proposición 8, cuando afirma que no puede dividirse el tono en intervalos utilizando sólo números racionales, se refiere a trabajos de Stifel y de Tartaglia.

[34] Este proceso se detalla en ZARLINO (1588) IV, 30-32. A lo largo de otros capítulos de esta cuarta parte se refiere a diferentes temas relacionados con el temperamento. Por ejemplo, Zarlino aprovecha para indicar que su enemigo declarado, Vincenzo Galilei, no había dado con la proporción adecuada para la construcción de la escala temperada. En efecto, Galilei había dicho que el intervalo 18/17 correspondía al semitono temperado. Aunque la aproximación es muy buena, en ZARLINO (1588), IV, 29, se muestra que no es exacta. De nuevo comprobamos que no se comprendían en toda su generalidad algunas propiedades elementales. En este caso, resulta claro que $(18/17)^{12}$ no puede ser igual a 2 por mucho que se aproxime. Pero Zarlino tiene que comprobarlo, igual que lo hubiera hecho en todos los casos particulares, sin poderlo demostrar de una forma general.

tuvo que realizar un trabajo notable para diseñarlos en todos sus detalles[35].

Con todo ello llegamos a una divertida paradoja (como tantas otras que hacen que la historia de la ciencia sea tan fascinante): Los teóricos partidarios de las afinaciones justas (o sea, Zarlino y Salinas) tras muchos rodeos, se dan cuenta de la importancia y pertinencia de la escala temperada (por mucho que sigan defendiendo la perfección y el senario con todo su acompañamiento), lo que les lleva a tener que recurrir a métodos geométricos (que habían denostado previamente). Por otro lado los menos aficionados a tales cábalas y razonamientos (por ejemplo, Vincenzo Galilei)[36], al no prestar atención a esos aspectos no fueron capaces de hallar la estructura real de la escala que su afamado predecesor Aristoxeno había ya entrevisto. Así que unos encontraron todo lo contrario de lo que buscaban, mientras que otros no sabían cómo encontrar lo que querían.

4.3. La razón y los sentidos

La rígida separación que existía en el mundo antiguo entre los pitagóricos y aristoxénicos no admitía muchas componendas, y, aunque algunos autores (Arístides Quintiliano) utilizaban elementos de ambos, al final el abismo era insalvable. En el renacimiento, sin embargo, si bien el senario, la perfección, etc., venían a recoger la herencia pitagórica, lo hacían de modo menos absoluto, y así, las necesidades prácticas (sin ningún género de dudas cada vez mayores), junto con una mayor flexibilidad, permitían que los teóricos de lo perfecto hicieran incursiones en lo imperfecto. En el caso de Salinas esto es particularmente patente, sobre todo las

[35] En el primero recurre al mesolabio, sistema ya utilizado, pero que, seguramente, él sabía que en tal caso iba a ser muy poco fiable. El segundo utiliza un sistema mejor, basado en sustituir el intervalo $\sqrt[12]{2}$ por dos raíces cuadradas (posibles con regla y compás) y una raíz cúbica que hace por un sistema que atribuye a Filón de Bizancio. Finalmente el último se basa en el cálculo exacto del tono temperado, utilizando de nuevo el mesolabio, y luego se limita a construir proporciones que corresponden a sus múltiplos (cosa que también es posible con regla y compás).

[36] Vincenzo Galilei, discípulo de Zarlino, polemiza con él en varios puntos, en particular, en GALILEI (1581), hace uso de intervalos diferentes de los justos. GALILEI (1589) es un "panfleto" dedicado íntegramente a refutar las ideas de Zarlino y su suposición de que sólo en la naturaleza se encuentra la perfección. Esta polémica sobre si la naturaleza era o no superior (o más perfecta) que el arte es de gran interés. Véase más información en PALISCA (1985). Salinas, en los textos conservados, no se ocupa de esa polémica, pero está claro que hubiera apoyado las ideas de Zarlino. Obsérvese que en la antigüedad se da la polémica entre los que pensaban que la música era pura matemática y los que no compartían tal suposición, sin que aparezca la dicotomía naturaleza – arte. La ciencia (y el arte) renacentista no sólo se ocupa de esa privilegiada instancia ontológica que era el mundo perfecto y necesario de la tradición platónico aristotélica, sino que también trata de cosas más humildes, lo que, en último término, contribuiría a poner en entredicho la cosmovisión antigua.

veces que recurre al "oído fino" frente a las teorías "puras"[37]. Aunque, como se dijo, también critica a Aristoxeno, es muy significativo que cuando se refiere a su doctrina *in extenso*, y después, eso sí, de señalar sus deficiencias, termine su análisis diciendo: "La teoría de Aristóxeno coincide con lo que hemos dicho acerca del temperamento de la lira y de la vihuela, y realmente es lo mismo. En cuanto a las teorías pitagóricas, ni valen para la formación del instrumento perfecto, como se ha visto a través de toda esta obra, ni para los instrumentos usuales, según el criterio de la razón y de los sentidos y la misma experiencia que ya previeron la razón y los sentidos"[38].

Salinas, por tanto, reconoce que lo perfecto y lo imperfecto deben convivir y deja un lugar para lo último que siempre le habían negado los autores antiguos. Además y, esto es quizá lo más interesante, sus idas y venidas entre una y otra parte le permiten relacionar ambas[39]. No se puede dudar de que el espacio que se abría a la experimentación ligada a los aspectos técnicos y artísticos venía a tender puentes entre la teoría y la percepción, haciendo que la última dejara de tener un papel tan subordinado a la primera.

4.4. El nacimiento de la física moderna y la música

Galileo Galilei, hijo del ya citado Vincenzo Galilei, en el comienzo mismo de su *Diálogo de los dos sistemas máximos*, hace una crítica de la numerología ingenua (esa que afirmaba, por ejemplo, que el número tres estaba lleno de bondades y que no sin razón la dimensión del mundo físico era tres). Galileo simplemente rechaza este tipo de suposiciones[40]. En su última obra (*Discurso sobre dos nuevas ciencias*) da una explicación de las consonancias en las que se retoman viejas ideas, pero

[37] En SALINAS (1577), IV, 31, p. 398, se dice explícitamente: "los sentidos fueron siempre buenos jueces para ejercer todas las funciones. Pues ¿cómo va a ser bueno el cocinero que no tiene gusto delicado? Tampoco puede ser eximio el pintor que no tenga, por así decir, ojos penetrantes. Por tanto nadie puede dedicarse a la música si no tiene oído fino". Este razonamiento recuerda al de Aristoxeno de su segundo libro sobre armonía (33, 2-30) pp. 150-151 de la edición BARKER (1989).

[38] SALINAS (1577), IV, 24, p. 381.

[39] En algunas ocasiones, se ha insistido en que, si bien es verdad que Salinas y Zarlino describen el temperamento igual, lo hacen de manera que lo incluyen dentro de un "catálogo" de posibles afinaciones, sin darle una importancia especial, véase por ejemplo COHEN (1994) p. 270. Siendo cierto en parte lo anterior, no es toda la verdad, ya que, Salinas, al poner en relación las diferentes escalas, señalando sus respectivos ámbitos, va despejando el camino hacia las gamas modernas. El hecho de que su forma de llegar a la escala temperada no sea ni mucho menos directa, lo único que hace es enfatizar la complejidad de los procesos históricos.

[40] GALILEO (2002), pp. 51-56. No deja de ser curioso que Galileo haga su razonamiento desde un talante antiaristotélico, mientras que el propio Aristóteles, como ya se ha indicado, era bien poco amigo de las numerologías.

ahora partiendo de la suposición de que los sonidos constituyen ondas. Esta teoría fue de gran importancia en el desarrollo de diferentes partes de la matemática, la física y la teoría de la percepción musical[41]. En resumen, Galileo, partiendo de una crítica de la numerología que no es ajena a Salinas, consigue llevar las cosas al terreno de la física. Los siguientes hitos (llamarlos avances no sería siempre exacto) lo marcaron autores como Rameau y d'Alembert, y posteriormente Helmholtz.

Con el nacimiento de la nueva física en último término sucede como con la escala temperada. Por un lado la teoría ondulatoria daba sentido físico a la idea de Salinas de que los intervalos justos tenían un interés especial, pero, a cambio, se llevaba toda su cohorte numerológica, reduciendo el místico senario y la perfección enarmónica a meras ondas con sus locas idas y venidas.

4.5. Coda

La teoría musical en general, y la obra de Salinas en particular, son una fuente de información extraordinaria sobre los complejos procesos culturales que llevan desde la antigüedad a la modernidad. El hecho de que sea un tema secundario no impide (a veces todo lo contrario) que las obras de la época nos hablen de los profundos cambios que se estaban operando. Sus protagonistas, sus polémicas, sus hallazgos, sus fracasos y su esfuerzo conforman una polifonía enormemente rica. La labor del historiador debe ser desentrañar su inspirada melodía y su bien trabada armonía.

Bibliografía citada

ARÍSTIDES QUINTILIANO (1996), *Sobre la música,* Gredos, Madrid. Edición y traducción de Luis Colomer y Begoña Gil.

BARKER, Andrew (1989), *Greek Musical Writings. II. Harmonica and Acustic Theory*, Cambrigde University Press.

BOECIO, *De institutione musica.* Se cita por la traducción inglesa (1989), New Haven, Yale University Press. Ed. de C.V. Palisca. Traducción de C. M. Bower.

COHEN, H. FLORIS (1994), "Musical intervals" en *Companion Enciclopedia of the History and Philosophy of the mathematical Sciences.* Edición de I. GRATTAN- GUINNESS, Routledge, Londres y Nueva York.

DESCARTES, R. (1992), *Compendio de música*. Tecnos. Madrid. La edición original es de 1618.

FOGLIANO, LUDOVICO (1529), *Musica theorica.* Venecia.

GALILEI, GALILEO (1976), *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias.* Edición de Carlos Solis y traducción de Javier Sádaba. Editora Nacional, Madrid. La edición original es de 1638.

[41] GALILEO (1976), pp. 190-207. Aquí se recoge también el estudio de la relación entre la tensión de la cuerda y la nota que da, asunto al que ya se había referido su padre con el objetivo de, como siempre, fastidiar a Zarlino. Véase GALILEI (1589), pp. 103-105.

--- (2002), *Diálogo sobre los dos sistemas máximos.* Edición y traducción de Antonio Beltrán. RBA. Barcelona. La edición original es de 1632.
GALILEI, VINCENZO (1581), *Dialogo della musica antiqua e moderna.* Florencia.
--- (1589), *Discorso intorno alle opere de Gioseffo Zarlino.* Florencia.
GOLDÁRAZ GAINZA, J. JAVIER (1992), *Afinación y temperamento en la música occidental.* Alianza, Madrid.
--- (1998), "F. Salinas y la teoría musical de finales del Renacimiento", en Arbor CLIX, 628 (Abril 1998), pp. 371-392.
LEÓN TELLO, FCO. JOSÉ (1962), *Estudios de historia de la teoría musical.* Instituto español de musicología (C.S.I.C.), Madrid.
--- (1974)*, La teoría española de la música en los siglos XVII y XVIII.* Instituto español de musicología (C.S.I.C), Madrid.
OTAOLA GONZÁLEZ, PALOMA (1997), *El humanismo musical en Francisco de Salinas*. Newbook Ediciones, Navarra.
PALISCA, Claude, V. (1985), *Humanism in Italian Renaissance Musical Thought.* Yale University Press, New Haven y Londres.
PIERCE, J. R. (1985), *Los sonidos de la música.* Prensa Científica, Barcelona. La edición original es de 1983, en Scientific American Books.
RAMOS DE PAREJA, BARTOLOME (1482), *Musica Practica.* Bolonia.
SALINAS, FRANCISCO de (1566), *Musices liber tertius.* Se cita por la edición facsímil del manuscrito, con edición crítica en español de A. Moreno y J. J. Goldáraz (1993). Biblioteca Nacional y ONCE, Madrid.
--- (1577), *De musica libri septem.* Salamanca. Se cita por la traducción española de Ismael Fernández Cuesta (1983), Alpuerto, Madrid.
SMITH, D. E. (1958), *History of Mathematics*. Dover, Nueva York.
STRUIK, D. J. (1986), *A Source Book in Mathematics*. Princeton University Press. Princeton.
TOSCA, TOMÁS VICENTE (1727), *Compendio Matemático,* 2ª Edición. Valencia.
ZARLINO, GIOSEFFO (1558), *Institutiones harmoniche.* Venecia.
--- (1571), *Dimostrationi harmoniche.* Venecia.
--- (1588), *Sopplimenti musicali.* Venecia.