

Música y Matemáticas: de Aristóteles a la era digital

Dr. Antonio Ureña



Diafanis
Arte - Canción - Comunicación

Música y Matemáticas:
de Aristóteles a la era digital

Diafanis N° 25

Sección *Ciencia y Comunicación*

Mendoza, 6 de noviembre de 2025

www.revistadiafanis.com.ar

No se permite la reproducción parcial ó total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión ó la transformación de esta publicación, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros medios, sin el permiso previo y escrito de su autor. Su infracción está penada por las leyes 11723 y 25446 de la Argentina.

Todos los derechos reservados

Música y Matemáticas: de Aristóteles a la era digital

Mientras en literatura la lingüística proporciona el marco para entender la estructura y el funcionamiento del lenguaje, las matemáticas proporcionan el marco para entender la estructura y el funcionamiento de la música. Ambas analogías ilustran la relación entre las reglas subyacentes y la expresión artística. Ciertamente que música y literatura van más allá de las reglas, utilizando la creatividad y la expresión para transmitir ideas y experiencias emocionales o estéticas; pero sin un conocimiento de estructuras y reglas – aunque sea para saltárselas y crear un nuevo discurso musical o literario – una creación artística de calidad en cualquiera de las dos manifestaciones, sería difícil. De hecho, el enfoque estructuralista de Saussure, considerado el padre de la lingüística moderna, para quien los elementos del lenguaje se relacionan entre sí dentro de un sistema, y que tanto ha influido en la antropología o en la filosofía, también será válido para el análisis de la obra musical.

Según la leyenda, Pitágoras, en uno de sus paseos, quedó absorto al escuchar el martilleo procedente de una herrería cercana. Al investigar posteriormente sobre ello, descubrió que, siempre de acuerdo a la leyenda, al golpear los yunques simultáneamente con dos martillos, el sonido resultaba armonioso cuanto más simple fuera la razón entre los pesos de aquellos. En realidad, será necesario esperar hasta los siglos XVII y XVIII – entre otros, al propio Newton o Euler-, para que la física explique y formule la relación existente entre “ancho de banda”, o gama de frecuencias que una onda sonora puede abarcar, y peso del objeto que golpea. Así, un martillo más pesado produce un impulso más “largo” en el tiempo, filtrando las componentes de frecuencia muy alta y reforzando las bajas, que al oído resultarán “más musicales”, obteniendo un sonido más armónico al sucederse.

Todo lo anterior se puede aplicar también al volumen del instrumento y, llevado al momento actual, sería la explicación de por qué congas, tumbadoras o bongos, por ejemplo, tienen dos tambores: uno más grande y otro más pequeño. La combinación de un mayor peso y un mayor volumen tiende a dar como resultado un sonido más rico y completo. Así, por ejemplo, un piano de cola -que es más pesado y tiene un

mayor volumen- produce un sonido más resonante y profundo en comparación con un piano vertical, más pequeño.

Puesto que en líneas anteriores hablamos de Newton, así como la leyenda de la manzana se utiliza como explicación legendaria para el nacimiento de la física clásica, la de los martillos lo sería para el origen de la relación entre música y matemáticas. Sin embargo, dicho maridaje, no se desarrolló así. Pitágoras estableció la conexión fundamental entre la música y las matemáticas al descubrir que las relaciones entre las longitudes de las cuerdas de un instrumento y sus tonos sonoros son susceptibles de expresarse en proporciones matemáticas. Para sus observaciones y la formulación de sus teorías, utilizó el denominado monocordio: un instrumento musical muy simple, consistente- como su nombre indica- en una sola cuerda fijada en ambos extremos y tensada sobre una caja de resonancia que amplificaría el sonido. Un elemento característico de todo instrumento de cuerda pulsada es el denominado puente, o pieza sobre la que se apoya la cuerda, que en el caso del monocordio sería móvil, pudiendo deslizarse bajo ella y a lo largo de la misma, quedando así dividida en longitudes diferentes. Cuando se pulsa la cuerda,

la parte vibrante – es decir: la que queda ente el puente y la fijación superior- produce una nota musical. Si la cuerda se “corta”, se divide con el puente a la mitad -es decir: $1/2$ de su longitud- aparece la denominada “octava” (VIII^a); cuando la cuerda se corta a $2/3$, la “quinta” (V^a). Si a su vez, subdividimos esta distancia nuevamente a la mitad, obtenemos la “tercera” que mantendría con las anteriores la relación $2/6$ De esta manera, los intervalos musicales, o distancia en términos de altura -de grave a agudo o viceversa- entre dos notas musicales, se pueden expresar matemáticamente como fracciones de números naturales.

Durante la Edad Media, la música se concebía como una de las ramas de la matemática, dentro del quadrivium: el plan de estudios de las universidades y cuyas disciplinas eran: aritmética, geometría, música y astronomía, consideradas fundamentales para el conocimiento. Los principios matemáticos interrelacionan tales disciplinas como reflejo de la visión pitagórica de un universo estructurado de manera matemática. Una cosmología que tiene su reflejo en la propia música, al pensar que los planetas, al moverse, producían una música celestial que solo los iniciados podían escuchar. Es la

música de las esferas, de la que habla Pitágoras como expresión de armonía perfecta en el universo.

La influencia de este pensamiento será importante en toda la música medieval. El propio Agustín de Hipona, alias San Agustín., considerará el universo como una forma de música; un reflejo del orden, la armonía y la percepción divinas. De esta manera, la música, el canto - recordemos cómo la música instrumental no se impone hasta las etapas finales del medievo - juega un papel central en la liturgia cristiana, siendo considerado como un medio para la oración, la conexión con Dios y la expresión de la fe. De esta manera, las proporciones matemáticas y la armonía numérica eran fundamentales para la belleza y el orden musical, constituyendo las mismas reflejo del orden divino; un orden basado en principios matemáticos y racionales.

En la segunda mitad del siglo XVI, el astrónomo y matemático alemán, Kepler, retomó las teorías de Pitágoras en cuanto a la armonía y las proporciones, al explorar la relación entre la música y los movimientos planetarios. Así, en su obra *Harmonices Mundi*, propuso que los planetas producen una "música" basada en sus órbitas.

Si la música medieval es esencialmente monódica -es decir: con una sola voz o línea melódica- durante el Renacimiento aparece la polifonía; la cual, con su suavidad y complejidad de texturas características, refleja una importante influencia pitagórica. En este período aparece el llamado contrapunto. – contracción de *punctum* contra *punctum*, donde a cada nota de una voz le correspondía una nota de otra, moviéndose ambas de forma paralela. Tanto la armonía o consonancia sonora entre las voces como la afinación de aquellas, o de los propios instrumentos, sigue la denominada afinación pitagórica, basada en la quinta perfecta (razón de 3/2 citada)

Sin embargo, estas relaciones armónicas, - el denominado ciclo de quintas, capaz de generar las ricas y variadas texturas que caracterizan la polifonía de la etapa estilística desarrollada durante los siglos XV y XVI - acarrea un problema: después de 12 quintas, se produce una pequeña discrepancia entre la nota obtenida al subir por quintas justas con la nota que se obtendría al subir por octavas.

Habrà que esperar al período estilístico siguiente- es decir al Barroco y en concreto a Juan Sebastián Bach – para resolver estas tensiones creadas por la denominada coma

pitagórica o quinta del lobo. Mientras que las relaciones entre frecuencias sonoras que componen una nota, llamados armónicos naturales, se corresponde con números naturales, en esta época se introducen los llamados temperamentos o formas artificiales en que se ajustan las notas en un sistema de afinación. Si bien, a lo largo del período se han propuesto diferentes tipos de temperamentos, el más utilizado es el denominado temperamento igual, o justo, donde la distancia entre cada nota es la misma. Esto significa que cada semitono tiene el mismo tamaño, lo que permite tocar en todas las tonalidades sin que suene desafinado y permite cambiar de tonalidad -dicho en términos técnicos: modular- sin problemas.

No es infrecuente escuchar la expresión: Bach inventó la música, como reconocimiento de la importancia de su obra y su significativa contribución desde el punto de vista técnico a la historia de la música occidental. Si la calidad y magnitud de su trabajo compositivo son argumentos mucho más que suficientes para ocupar un puesto de honor en dicha historia, buena parte de esta importancia se debe a la obra El Clave Bien Temperado. En sus dos libros, los 48 preludios y fugas - 24 en cada uno- están escritos en todas las tonalidades

mayores y menores, demostrando que la afinación por temperamentos justos permite una flexibilidad tonal, limitada en los sistemas anteriores. con una variedad estilística que abarca desde lo lírico y melódico hasta lo técnico y virtuoso.

No es lugar para extendernos sobre la influencia de Bach en la obra de los compositores que le han sucedido, pero como ejemplo de su importancia, señalaremos: quien, en el siglo XXI, toque o escuche un instrumento musical –sea una guitarra eléctrica , un piano, un saxo o un ukelele, por citar cuatro instrumentos muy diferentes - está recibiendo la influencia de Bach, pues dicha afinación es herencia del compositor barroco

Según comentamos, Juan Sebastián Bach corrigió los desajustes de la afinación pitagórica, pero las aportaciones del filósofo y matemático griego - es decir las relaciones entre las matemáticas y la música- siguen tan vigentes hoy en día, o incluso más, que hace 2500 años. En primer lugar, la idea de que las notas musicales pueden ser representadas a través de relaciones matemáticas se aplica para la creación de escalas y acordes en la música actual sea cual fuere el estilo elegido. Pero, en la era digital, es frecuente la utilización de herramientas tecnológicas y software de composición

basados en sistemas algorítmicos y, por ello, en principios matemáticos como patrones, secuencias y proporciones. Todo ello se relaciona directamente con la forma en que Pitágoras entendía la música: como un fenómeno matemático.

La nómina de matemáticos, físicos o científicos en general, sería muy extensa; Sin embargo, no queremos finalizar este trabajo sin citar los nombres de Doppler o Helmholtz, así como las aportaciones en este terreno realizadas desde el propio mundo de la creación musical, siendo preciso hablar de Brian May, guitarrista del grupo Queen y astrofísico, con su interés por explorar la relación entre ciencia y música, o del griego Iannis Xenakis y sus aportaciones en el mundo de los algoritmos aplicados al mundo de la composición, según citábamos en el párrafo anterior, para determinar aspectos como la duración, la altura y la dinámica de las notas o introduciendo incluso teorías probabilísticas, para explorar el mundo de la aleatoriedad en la interpretación, para sus trabajos electroacústicos.