

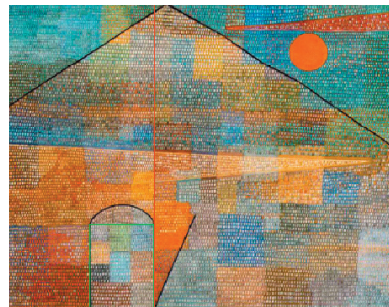
### LEDA ATÓMICA

En la que Dalí emplea un esquema compositivo, basado en la divina proporción; toda la composición se enmarca en un círculo en el que un pentagrama organiza el espacio.



### AD PARNASSUM

Paul Klee utiliza como soporte un doble rectángulo áureo, la puerta define un rectángulo áureo adosado a la división áurea del lienzo; además, entre las pocas líneas del cuadro se definen también razones áureas.



Habría que decir que en muchos casos las estructuras geométricamente significativas aparecen espontáneamente en personas, como los artistas, acostumbradas a observar y manejar elementos formales.

Valga como final de este breve recorrido a través de la Historia del Arte, hacer la siguiente reflexión:

¿No será que al estar el ser humano configurado en sus proporciones en base al número áureo, percibe como bellas aquellas formas que le son semejantes?

## La música y la divina proporción

### Carmen Rodríguez García

Profesora de Música del Instituto Español de Andorra

“La música es un ejercicio aritmético secreto y la persona que se entrega a ella no se da cuenta de que está manipulando números” (W.Leibnitz).

Escuchamos mucha música pero... ¿Qué sabemos de la música? ¿Es arte o ciencia? ¿Qué tienen que ver la música y las matemáticas? ¿Hasta dónde han llegado los compositores en el uso de la divina proporción?

La música guarda una íntima relación con las artes, las letras y las ciencias. Si nos quedamos en el terreno de lo artístico, la música se ha desarrollado junto con las demás disciplinas. Ha sido barroca cuando el barroco imperaba en Versalles, clásica por primera vez cuando en nuestras ciudades se construían edificios basados en cánones de belleza griegos; medieval cuando intentaba salir de la oscuridad para crear un lenguaje sólido e internacional. Se hizo polifonía cuando las agujas del gótico se elevaban al cielo. No se puede ver ni palpar; sin embargo, se siente. La música es una de las manifestaciones artísticas más universales y, a la vez, uno de los rasgos más singulares junto con el habla, del ser humano. Pero el lenguaje musical tiene también mucho en común con otro lenguaje que la inteligencia ha inventado para describir la realidad: la ciencia. Ésta habla de espectros, frecuencias, resonancias, vibraciones y análisis armónico. No es una simple coincidencia, no hay música sin física ni música sin números.

Para llegar a la relación entre música y matemáticas, entre música y Proporción Áurea, debemos realizar un somero recorrido por la evolución de su lenguaje y entender cual es el proceso que sigue un compositor en el momento de su creación. La música apela directamente al sentimiento, a la expresión de situaciones abstractas a través del sonido, creando una belleza

temporal que queda en nuestra memoria. Las matemáticas ape- lan al razonamiento, al rigor lógico y la abstracción extrema.

La correspondencia entre la música y la ciencia se conoce desde hace mucho tiempo. Probablemente, hacia el siglo VI a.C., en Mesopotamia ya advertían las relaciones numéricas entre longitudes de cuerdas. Pero fue en la Grecia antigua cuando se trazaron las diferentes escalas armónicas basadas en las proporciones numéricas. Para los pitagóricos el Universo era armonía y número, las notas musicales se correspondían con los cuerpos celestes, los planetas emitían tonos según las proporciones aritméticas de sus órbitas alrededor de la Tierra, y los sonidos de cada esfera se combinaban produciendo una sincronía sonora: la “música de las esferas”. Platón hace referencia a ella y le atribuye valores éticos.

Las enseñanzas en Grecia incluían la aritmética y la música de forma conjunta. La aritmética permitía la comprensión del universo físico en tanto que la música se dirigía a la armonía universal. Más tarde la música formó parte del Quadrivium, junto con la astronomía, la geometría y la aritmética.

La tradición que consideraba al Universo como un gran instrumento musical se prolongará durante la Edad Media y hasta el siglo XVII, cuando aparece la figura de Johannes Kepler. El astrónomo alemán intentó comprender las leyes del movimiento planetario y consideró que éstas debían cumplir las leyes pitagóricas de la armonía.

La tendencia del hombre, desde tiempos remotos es describir un sistema que busca unificar los fenómenos del mundo físico y del mundo espiritual en términos de números en particular, en términos de razones y proporciones de enteros.

Sabemos que el sonido producido al tocar una cuerda depende de la longitud, grosor y tensión de la misma. Entendemos que cualquiera de estas variables afecta a la frecuencia de vibración de la cuerda. Lo que Pitágoras defendió es que, al dividir una cuerda en ciertas proporciones, era capaz de producir sonidos placenteros al oído. Números y belleza podían ser uno; por tanto, el mundo emocional y el físico podrían ser descritos con números sencillos. Situaba los sonidos a determinadas distancias

regulares en el monocordio, instrumento de una cuerda, resultando de ello sonidos consonantes o armónicos y una colocación que sirvió de base para el desarrollo de las escalas musicales que sirven de soporte a nuestra música occidental.

El músico, desde siempre, es un técnico que ejerce y aplica su genio y su inspiración mediante un enredado y complejo sistema de transcripción de ideas. El sistema musical desde Pitágoras fue desarrollándose como el resto de las ciencias y movimientos artísticos, llegando a sofisticados sistemas que nos permiten controlar y dominar el sonido. El músico en su quehacer maneja elementos esenciales e imprescindibles. No le basta su genio ni depende de su inspiración. Es un conocedor del ritmo, la melodía, la armonía, el timbre de los instrumentos o los elementos formales según la época que le toca vivir. Trabaja con estos ingredientes de igual modo que otro artesano con los suyos. Mezcla de manera coherente, revolucionaria, intencionada, audible, inaudita...

Uno de los factores más decisivos en la música es la melodía. Es la idea principal que sobresale en la mayoría de las composiciones, sean una simple canción o alguna forma compleja y larga en el tiempo. Suele ser triste o alegre, noble o diabólica, juguetona, saltarina o relajante. Expresa una variedad innumerable de matices y diferencias y apela a nuestro estado de ánimo. Va unida inevitablemente al ritmo y produce en nosotros un efecto físico y un efecto emocional que no necesita de palabras ni descripciones.

Una melodía bella, como una pieza entera de música, ha de tener proporciones satisfactorias. Debe darnos la impresión de cosa consumada e inevitable.

Desde un punto de vista técnico, todas las melodías existen dentro de los límites de algún sistema escalístico. Una escala no es más que una determinada disposición de una serie de notas, y esa colocación no ha sido un hecho arbitrario. Podemos decir que los constructores de escalas, empezando por Pitágoras, confiaron en su instinto y más tarde, los hombres de ciencia los apoyaron con sus cifras de vibraciones relativas por segundo.

En nuestro sistema moderno el trecho de la escala está

dividido en doce distancias iguales, llamadas semitonos, aunque la mayoría de nuestra música está basada en una escala de siete sonidos dispuestos según un orden preciso. Las relaciones entre los sonidos nos permiten, de nuevo, manejar el lenguaje musical en términos de números y relaciones numéricas y físicas.

En cuanto al ritmo, es la cualidad más contable de la música. Casi todo puede contarse y, desde no hace muchos siglos, escribirse casi milimétricamente. El oyente al escuchar el ritmo y la melodía, no necesita situarse en la escala elegida o contar compases. Sin embargo, el compositor, para conseguir sus propósitos, utiliza el color característico de la tonalidad o la medida exacta de un ritmo y un número de compases. Juega con los sonidos en el tiempo y el tiempo es suyo. Es indudable que el compositor tiene un plan con el que intenta seducir al oyente.

Mozart, al utilizar la tonalidad de Mi bemol Mayor con sus tres bemoles de partida en *La Flauta Mágica*, tiene el propósito de acercarnos, simbólicamente, al número perfecto para los masones.

Otro importante elemento que debe conocer bien el compositor es la armonía. Ésta es el acompañamiento de la melodía, el armazón que sustenta otros materiales musicales. Cuando nos referimos a la armonía lo hacemos en términos de acordes o simultaneidad de sonidos. La armonía, considerada como una ciencia, es el estudio de esos acordes y sus relaciones mutuas.

Así como la melodía y el ritmo son un estado casi natural del hombre, la armonía es una invención intelectual. La invención de la armonía es aún hoy un fenómeno notable dentro del mundo de la música, y su evolución y uso es lo que ha ido marcando las novedades dentro del mundo de la composición. Wagner, en el prelude de *Tristán e Isolda*, alarga la duración y resolución de unos acordes tanto, que el oyente percibe la tensión que existe en la música, de tal modo, que puede percibir bien los sentimientos ansiosos de los amantes. Otra vez volvemos a la importancia del tiempo en la música en el cual intervienen, además de unos instrumentos determinados, el ritmo, la melodía y armonía. Equilibrio y proporción existen también en el entramado interno de la relación entre los sonidos. Hay sonidos consonantes y otros

disonantes. Cualquier sonido no empasta bien con otro al azar. La armonía, al igual que la melodía, puede utilizar las mismas reglas del plano geométrico: traslación, inversión, rotación... etc.

La forma musical es la estructura más clara que tiene el compositor para organizar su mensaje. Da cohesión y sentido a una obra. Coloca unas ideas como principales y otras como secundarias, dejando en el oyente un discurso de manera estructurada.

La estructura, el aspecto formal en música, no difiere de la estructura en otra arte cualquiera. Existen determinados moldes formales a los que el compositor más o menos se ajusta, aunque casi siempre conserva su libertad. Cuando asistimos a la audición de un Rondó, una Sinfonía, una Sonata, un Concierto, una Fuga, una Suite, un Oratorio...etc. estamos ante una manera de organizar un material sonoro con coherencia. El oyente necesita comprender lo que está escuchando. En general, contar notas y pulsaciones revela varias correlaciones numéricas entre diferentes secciones de la obra musical.

Para crear una sensación de equilibrio formal se usan diferentes procedimientos: la repetición en sus diferentes variables, la variación o la imitación. Estos procedimientos hacen que todo suceda de tal manera que nuestro oído lo acepte fácilmente.

Por medio de estos ingredientes el compositor puede llegar a introducir conscientemente el Número de Oro en una composición. No tiene más que desarrollar sus ideas dentro de unos límites numéricos, haciendo coincidir los puntos culminantes o el momento de máxima tensión melódica, armónica, rítmica o tímbrica en compases que previamente ha diseñado según los cálculos de Fibonacci. En una obra musical es complicado percibir en la escucha, por muy atenta que sea, un punto matemáticamente calculado. Por ello, debe realizarse un análisis previo de su escritura y un rastreo de las intenciones de los artistas.

Los musicólogos estudian y cuentan. Hacen cálculos sobre partituras de músicos que han mostrado su predisposición a realizar sus composiciones con la intención de producir efectos extraordinarios sobre el oyente; compositores que, como los pitagóricos, pensaban que los números servían no solo para explicar

las realidades físicas del universo, sino también las cualidades morales de los hombres y que el uso matemático de la música produce no solo efectos estéticos, sino también curativos.

Paul Larson de la Universidad de Temple, en Filadelfia, afirmó en 1978 que había descubierto la Proporción Àurea en la música occidental más antigua registrada. Eran las salmodias kirie de la colección de cantos gregorianos conocidos como *Liber Usualis*. Las treinta salmodias kirie de la colección cubren un período de más de seiscientos años, empezando en el siglo X.

Hay ejemplos del uso intencionado de las matemáticas y la búsqueda de proporciones precisas en obras de J. Sebastian Bach, en sonatas de Mozart, en el preludio de *Sigfrido* de Wagner, en obras de Beethoven y especialmente en la música de Bela Bartok, Xenakis y la compositora española Zulema de la Cruz. Es imposible enumerar la cantidad de música escrita en base al equilibrio que otorga el aspecto formal de una composición y que nos resultan agradables, apasionantes y perfectas aún desconociendo su trabajo interno. El análisis de muchas grandes obras en general nos hace llegar a la conclusión de que los compositores, en numerosas ocasiones, buscan una relación matemática y una proporción exacta para establecer un equilibrio en la estructura de sus obras.

Así, Bach llega a utilizar las numerosas variaciones que se pueden realizar sobre la melodía de una forma fugada, trasladando el tema en todas sus posibilidades. Nos da la opción de interpretar una fuga al derecho y al revés, como si de un ejercicio de geometría se tratara. Debussy, con sus innovaciones armónicas, utilizó recursos muy cercanos a la Proporción Àurea en composiciones como *Reflets dans l'eau* y en *Les Images*. Xenakis, músico, arquitecto y matemático griego, compone con cálculos y teorías de probabilidades matemáticas usando ordenadores.

La *Quinta Sinfonía* de Beethoven comienza con un famosísimo tema que estará presente a lo largo de toda la obra. Esas primeras notas parecen querer ser los golpes del destino llamando a la puerta. Como buen técnico, Beethoven compuso su sinfonía realizando el primer movimiento en la forma o estructura llamada “Allegro de Sonata”, es decir, esa manera de componer en la

que primero debe realizarse la Exposición de un tema A en la tonalidad principal de toda la obra. Dentro de esa misma exposición el músico nos ha de guiar hasta un tema B, en la tonalidad de la dominante o nota número cinco, que suele ser un tema más melódico. La Exposición se repite y tras ella el compositor nos lleva, como si fuese un buen conferenciante, hasta el desarrollo de sus tesis, es decir, el Desarrollo de esos dos temas. Ahí se aleja del color, de las escalas elegidas anteriormente. Puede llegar a enfrenar y enfadar ambos temas, a provocar en el oyente sensaciones de alejamiento de la idea principal pero, sin que llegue a olvidarse del todo lo expuesto anteriormente. Por último, ha de reenviarnos de nuevo, para tranquilidad de nuestro oído, a la Reexposición de los temas iniciales. Esta vez ambos en la escala de partida, y finalmente nos regala una “coda”, una especie de propina, que en este caso, parece de nuevo un inicio, como si al músico le costara despedirse de sus geniales ideas.

Todo ello constituye el primer movimiento de la famosa sinfonía número cinco. Hay quién defiende que entre la Exposición del primer tema y el final del Desarrollo el número de compases está demasiado cerca de la Divina Proporción. ¿Intencionalidad? ¿Azar?

No fue por azar como Bela Bartok compuso *la Música para cuerda, percusión y celesta* basándose en la Proporción Àurea. Su trabajo es exhaustivo para llegar en el primer movimiento, andante, a la realización exacta del Número de Oro. Bartok, compositor húngaro considerado uno de los grandes creadores del lenguaje musical del siglo XX, escoge la fuga como forma musical para el primer movimiento de esta obra.

Para escuchar la fuga, hemos de tener en cuenta que comienza con la exposición de un tema o sujeto que deberá aparecer sucesivamente en cuatro voces o entradas diferentes. Al sujeto le sigue una respuesta o Episodio. Cada voz se va desarrollando mediante episodios o motivos que extraídos del sujeto principal hasta llegar al Estrecho donde se acumulan las voces y todo se vuelve más denso.

El procedimiento utilizado por el compositor consiste en realizar un intrincado sistema de relaciones interválicas, o distancias



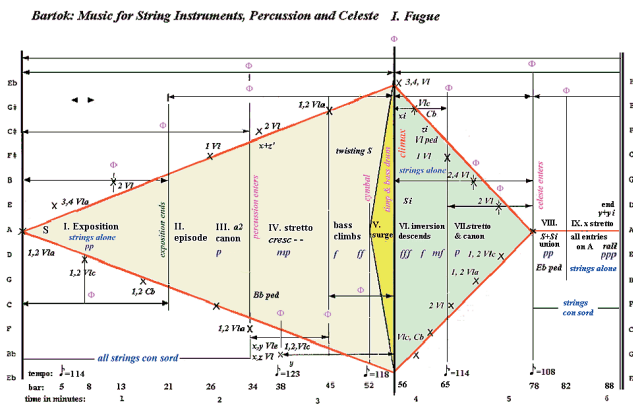
numéricas entre notas; desde esa numeración, realiza una escala de Fibonacci, es decir, asigna un número a cada nota que le permitirá construir el sujeto de la fuga utilizando esos sonidos.

DO	RE	Mib	FA	Lab	DO
1	2	3	5	8	13

Realiza la fuga en un total de 89 compases. En los primeros 55 genera la tensión que debe llevar toda fuga desde la exposición del tema hasta el punto culminante, para concluir 34 compases más tarde. En el momento de culminación del estrecho tenemos exactamente el Número de Oro. Luego Bartok lleva magistralmente la fuga en decadencia hasta el final, momento en el que aparece la celesta, instrumento de tecla con sonido similar al de un carillón.

Al margen de un estilo, de unas dificultades a la hora de escuchar un lenguaje del siglo XX, Bartok nos conduce hacia lugares remotos de belleza, magia y misterio. El número de Oro es un número mágico; la Música, un tesoro a nuestro alcance.

Beethoven no dijo nada de su intención secreta en la *Quinta Sinfonía*. Tampoco Debussy ni tantos otros. Bartok dejó escrito: “Dejad que mi música hable por mí; no reclamo los derechos de ninguna explicación de mis obras”. Lo cierto es que, para nuestro gozo, todos siguieron las normas de Tomas de Aquino: Los sentidos se deleitan en las cosas debidamente proporcionadas.



## El Genoma Humano

M<sup>a</sup> Teresa Navalón Martínez

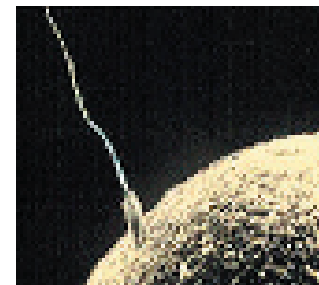
Profesora de Biología y Geología del Instituto Español de Andorra

### INTRODUCCIÓN

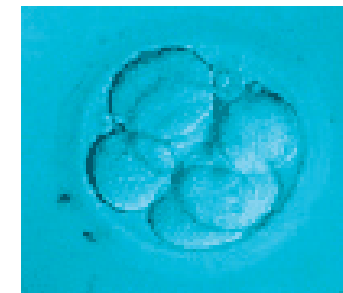
Sumergirse en el apasionante mundo de la genética y abrir el capítulo del genoma humano puede dar vértigo por tratarse de un tema novedoso con una terminología, en ocasiones, difícil de entender. La intención de este artículo es tratar este tema con conceptos sencillos y con la menor utilización de términos científicos para que el acercamiento a la genética humana no resulte pesado y aburrido, y se abandone rápidamente su lectura.

Si la genética es la ciencia que estudia la herencia o los procesos que hacen que determinadas características pasen de una generación a la siguiente, el genoma es el ADN contenido en el núcleo de cada una de nuestras células, y se encuentra en forma de cromosomas.

La historia genética de una persona comienza en el preciso instante en que se unen el óvulo de la madre con el espermatozoide del padre. Esta unión da lugar a un ser vivo único en la especie humana.



Óvulo y espermatozoide humanos en el momento de la fecundación



En cada célula humana hay 46 cromosomas, 23 de la madre y 23 del padre