



La versión original de este artículo, por los mismos autores, fue publicada en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Física, volumen 10, número 3, de 1996.

Por lo regular puede encontrarse en la red en varios sitios, sin la referencia adecuada a sus autores y al Boletín de la SMF.



Génesis de los sonidos musicales: la contribución de Julián Carrillo

135 Aniversario de su Nacimiento

45 Aniversario de su muerte

115 Aniversario del Sonido 13

85 Aniversario primer concierto de Sonido 13

J.R. Martínez y S. Palomares-Sánchez

La versión original de este artículo, por los mismos autores, fue publicada en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Física, volumen 10, número 3, de 1996. Por lo regular puede encontrarse en la red en varios sitios, sin la referencia adecuada a sus autores y al Boletín de la SMF.

El 13 de julio de 2010 se cumplirán 115 años del experimento realizado por Julián Carrillo, experimento que lo llevó a conquistar el Sonido 13, rompiendo el ciclo clásico de los sonidos musicales; o sea, los doce sonidos que había tenido la música durante siglos. Con aquel sencillo experimento se iniciaba la "revolución musical del Sonido 13". Con la teoría musical del Sonido 13, Julián Carrillo puso en la mesa de discusión la gran discrepancia que existe entre las teorías de los sonidos musicales que se enseñan en los cursos de física y en los cursos de acústica para músicos, basados en la llamada escala musical exacta, y la escala musical que se practica. En la teoría, la diferencia de frecuencias entre tonos y semitonos es distinta, mientras que en la música que está en práctica, todos los tonos y semitonos son iguales. Según apunta Carrillo, se enseña una teoría que no tiene sistema musical y se practica un sistema musical que no tiene teoría.

Este punto acarrea muchas discusiones y contradicciones; sin embargo, Carrillo contribuyó a su esclarecimiento y aportó al desarrollo de la física musical. En este artículo, mediante un enfoque histórico, se presenta una breve semblanza de lo que ha sido el desarrollo de los sonidos musicales hasta llegar a los sonidos conquistados por Julián Carrillo, mismos que le dan forma a su teoría musical y que merece ser atendida por quienes se interesan en la física de los sonidos musicales.

A lo largo de los siglos la música ha evolucionado enriqueciendo la relación entre los sonidos que la conforman, desde los sistemas pentafónicos hasta el sistema introducido por la revolución musical del Sonido 13, pasando por el sistema temperado de doce sonidos introducido a principios del siglo XVIII. El desarrollo de nuevos instrumentos musicales que reprodujeran los sonidos existentes en la música, permitió que se establecieran teorías sobre la relación que guardan dichos sonidos y la forma de producirlos. Es así como la física de los sonidos musicales entra en acción.

Los primeros cinco sonidos musicales, con los cuales se forma la escala pentafónica, fueron usados en China hace cerca de cinco mil años. Esta escala es llamada por algunos autores como

“escala china” y está compuesta por los sonidos Do Re Fa Sol La. El filósofo chino Lung Ling llevó el estudio de los sonidos al campo biológico y dedujo que, de igual modo que los seres vivos se reproducen, los sonidos debían reproducirse también, y creyó que cada sonido debía producir el intervalo que hoy llamamos “quinta perfecta”. Siglos después, Pitágoras utiliza la misma ley, que se conoce como “ley de quintas”, para obtener estos cinco sonidos. Se dice que los chinos usaron como sonido fundamental a Fa y dedujeron que cada sonido producía su quinta exacta, en donde la relación entre frecuencias es 3:2; o sea, la frecuencia de Fa al multiplicarse por 3/2 da como resultado la frecuencia correspondiente a Do. Así, Fa engendraba a Do, Do producía Sol, Sol a Re y Re a La. De este modo los sonidos 1, 2, 3, 4 y 5 son, respectivamente, Fa, Do, Sol, Re y La. Estos cinco sonidos no producen ningún semitono. En China, actualmente, se sigue usando esta misma escala.

The image shows a musical score for Ravel's 'Jeux d'eau' in the 'Carrillo' system. The score is written on two staves (treble and bass clef) with a 3/4 time signature. Below the staves is a table of numbers representing the notes. The table is divided into two sections by a vertical line. The first section has two rows of numbers: the top row contains 3, 7, 8, 9 and the bottom row contains 4, 4, 6, 5. The second section has two rows: the top row contains 10, 11, 0 and the bottom row contains 8, 7, 10. Below these rows are more numbers: 9, 11, 11, 1, 1, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 0, 3, 5, 11, 7, 1, 9, 3. The numbers are arranged in a way that suggests a sequence of notes, with some numbers appearing in multiple positions.

Ejemplo de una obra de Ravel. Comparativo de obra escrita en el sistema clásico de los doce sonidos, transcritos a la nueva gráfica musical desarrollada por Carrillo.

El griego Terprando, en el siglo VI A.C., agregó la nota Mi a las cinco de la gama pentafónica, conquistando así el sonido 6. Terprando utilizó el mismo principio de los chinos, caminar de quinta en quinta partiendo de la nota Fa. Así, La produjo Mi y Mi produjo Si, el sonido 7. Es en este momento en que se forma el primer llamado “semitono”, Mi con Fa. Aquí podemos ver como los semitonos no nacieron de la idea de dividir el tono. Con los sonidos 6 y 7, conquistados por Grecia, se completaron los elementos para la formación de la llamada “escala diatónica”.

Diecisiete siglos después, en el siglo XI D.C., se conquistó en Roma el sonido 8: Si bemol. Después de éste pudieron surgir los sonidos 9, 10, 11 y 12, que son La bemol, Sol bemol, Mi bemol y Re bemol. Estos doce sonidos no se emplearon sino hasta el siglo XVIII. Con el descubrimiento de estos sonidos se formó un círculo, pues partiendo de una nota, Fa, y dividiéndolas por quintas exactas se reproducían los doce sonidos conocidos llegando nuevamente a la nota Fa. A este círculo se le llamó “círculo armónico”:

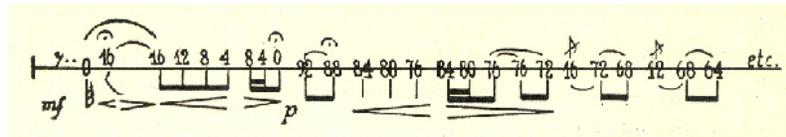
$$\begin{aligned} & \text{Fa} \rightarrow \text{Do}=\text{Si}\# \rightarrow \text{Sol} \rightarrow \text{Re} \rightarrow \text{La} \rightarrow \text{Mi}=\text{Fa}_b \rightarrow \text{Si}=\text{Do}_b \rightarrow \text{Fa}\# \\ & =\text{Sol}_b \rightarrow \text{Re}_b=\text{Do}\# \rightarrow \text{La}_b=\text{Sol}\# \rightarrow \text{Mi}_b=\text{Re}\# \rightarrow \text{Si}_b=\text{La}\# \rightarrow \text{Mi}\#=\text{Fa} \end{aligned}$$

En este círculo aparecen los 7 bemoles (*b*) y los 7 sostenidos (*#*), mismos que fueron utilizados por primera vez por J.S. Bach en el siglo XVIII. Esta escala musical, llamada “temperada”, en la cual existen sólo doce sonidos y que son afinados por los músicos para estar espaciados de igual forma, lo que equivale a convertir las quintas exactas (relación entre frecuencias=1.5) en las nuevas quintas temperadas (relación entre frecuencias= 1.498450), empieza a utilizar diferentes símbolos para un mismo sonido, esto es, $\text{La}_b=\text{Sol}\#$. Existe otra escala, llamada “cromática”, en la cual aparecen 17 sonidos. En este caso $\text{La}_b \neq \text{Sol}\#$; esto es,

sus frecuencias de vibración son diferentes. Esta escala no se practica actualmente en la música y es la que se enseña en los cursos de acústica como la escala musical en uso.

La escala temperada fue concebida en el siglo XVI por el matemático y musicólogo español Bartolomé Ramos de Pareja, quien introdujo una relación matemática con la cual se podría dividir un intervalo cualquiera en un cierto número de partes igualmente espaciadas. En realidad, Ramos de Pareja la estableció precisamente para dividir la llamada "octava" en 12 intervalos musicalmente equidistantes; sin embargo, la relación encerraba la clave para poder seguir dividiendo matemáticamente la octava en el número de partes que se quisiera. En época posterior (1711), Sauveur publicó su *Cuadro general de los sistemas musicales temperados*, en el que quedaron incluidas, teóricamente, todas las divisiones matemáticas temperadas del tono y del semitono.

Horizontes, obra de Julián Carrillo, en escritura de 16avos de tono



La relación de Ramos de Pareja fue utilizada en 1722 para dividir la octava en doce notas espaciadas de igual forma, obedeciendo la relación

$$2^{1/12} = 1.059463094.$$

Anteriormente a esta fecha, existían sólo ocho sonidos, seis de los cuales corresponden a tonos y 2 a semitonos, de ahí el nombre de octava, el cual se siguió utilizando posteriormente y hasta la fecha, a pesar de tener doce sonidos.

Bach llevó a la práctica este sistema y, para demostrar sus ventajas, compuso su obra el *Clavicordio Bien Temperado*. Ningún músico anterior a Bach escribió en tonalidades que necesitaran los siete bemoles o los siete sostenidos, que llegaron a existir al dividir la octava en doce notas. Así, Bach llevó a la práctica el sistema temperado que formularon los matemáticos del siglo XVI y que es el utilizado hasta nuestros días.

El método tradicionalmente utilizado para incorporar nuevos sonidos a la música, la ley de quintas, cerraba el círculo armónico. Aplicar nuevamente la ley para tratar de obtener un nuevo sonido conduciría a obtener los sonidos ya conocidos, por lo que necesariamente se tendría que utilizar un método diferente para lograr nuevos sonidos. Esto no representaba un problema para los músicos, pues los doce sonidos garantizaban una amplia gama de combinaciones difíciles de agotar. No existió, al parecer hasta 1922, ninguna inquietud en enriquecer el número de sonidos existentes en la música, cuando el periódico musical francés *Le Menestrel*, que se editaba en París, publicó un artículo en el que se decía que ya era tiempo de buscar los cuartos de tono, porque se había agotado ya el material de los semitonos. Sin embargo, para entonces, el músico mexicano Julián Carrillo ya lo había realizado, 27 años antes.

El 13 de julio de 1895, el músico potosino Julián Carrillo, logró dividir un tono en dieciséis partes, pudiendo así, por primera vez, ampliar de doce sonidos que existían en la música a noventa y seis. Ese 13 de julio se logró obtener el sonido número 13 y, al mismo tiempo, se abrió la gran posibilidad de tener toda una gama de sonidos, pues el mismo principio permitía dividir el tono en el número de fracciones deseado. Al lograr los dieciseisavos de tono, de los cuales nació el Sonido 13, se conquistaron el 14, el 15, el 16, el 17, el 18, etc. hasta el sonido 96. El Sonido 13 fue el que se produjo a la distancia de $1/16$ de tono sobre la nota Sol de la cuarta cuerda del violín. Para este caso los 96 sonidos fueron espaciados en forma igual obedeciendo la relación $2^{1/96} = 1.007246412$, que es una extensión de la relación de Ramos de Pareja. Esta división, efectuada en la práctica por Julián Carrillo, le permitió, además, reproducir los 12 sonidos existentes. No cualquier división del tono permite reproducirlos y, en un instante, conquistó 84 nuevos sonidos. Julián Carrillo tuvo que inventar un nuevo sistema de escritura musical, por medio de números, pues era imposible hacerlo con la gráfica en uso, para indicar los sonidos conquistados por la revolución del Sonido 13.

Teóricamente se puede dividir un tono en el número de partes que se desee utilizando la relación $2^{1/6n}$, donde n representa el número de partes en las que se dividiría el tono; el número 6 representa el número de tonos que existen en una octava. Así, si se desea dividir un tono en tres partes, tercios de tono, los sonidos deberán estar espaciados de acuerdo a la relación $2^{1/(6 \times 3)} = 2^{1/18} = 1.039$, obteniendo un total de 18 sonidos en la octava. Al dividir el tono en tres partes no se reproducen todos los sonidos de la escala temperada, sólo se reproducen los seis tonos.

En general, la razón para cualquier intervalo temperado es $2^{1/N}$, donde N es el número de intervalos en la octava. Si N no es un múltiplo de 6, entonces al dividir la octava en N intervalos, no reproducimos los tonos ni los semitonos. Por otro lado, si N es múltiplo de 6, $N = 6n$, pero n es impar, podemos reproducir los tonos, pero no los semitonos. Los semitonos se reproducen sólo si n es par.

En el siglo XX Carrillo logró dividir el tono en 128 partes, extendiendo, de este modo, a 768 sonidos musicales. Con esto logró abrir la gran posibilidad de poder hablar del infinito musical; incluso reportó haber obtenido 4 millones de sonidos en las 8 octavas, sonidos difíciles de diferenciar para el oído humano. Esto ofrece una gama difícil de agotar para los músicos, pues permite obtener una combinación de 1 193 556 232 sonidos simultáneos, cantidad muy por encima de los 300 que lograron los maestros del clasicismo. Con la aportación de este músico potosino se enriquece la gama de sonidos musicales y su posibilidad de combinación se vuelve prácticamente infinita.

Bibliografía

- J. Carrillo, Sonido 13, fundamento científico e histórico, Ed. J. Carrillo, México (1948).
J. Carrillo, Teoría lógica de la música, 2a. edición, Ed. J. Carrillo, México (1954).
J.R. Martínez, Rev. Universitarios Potosinos, Vol. II No. 5 pp. 107-115, UASLP (1995).
J.R. Martínez y S. Palomares-Sánchez, Rev. El Cronopio, No. 4 p. 30, FC-UASLP (1995).
Jess J. Josephs, La física del sonido musical, Ed. Reverté, México (1969).
A.T. Jones, Sound, Ed. D. Van Nostrand, Princeton, New Jersey (1937).
O.H. Jorgensen, Tuning, Michigan State University Press (1991).
R. Feynman, Física, Vol. 1, Ed. Fondo Educativo Interamericano, México (1971).

La información que se puede encontrar en la red, es deficiente, lo que refleja la falta de conocimiento y entendimiento sobre la Teoría Musical del Sonido 13. Un ejemplo, es el uso que se ha dado a la versión original del presente artículo en diferentes sitios sin los créditos correspondientes, no se menciona a sus autores ni la fuente original. Parte de la información que se presenta en el presente artículo es original y corresponde al análisis que hemos hecho de la Teoría de Julián Carrillo.

Para obtener información sobre Sonido 13 y la vida y obra de Julián Carrillo, la fuente confiable y ampliamente recomendada es <http://sonido13.com>, la cual es manejada por sus herederos culturales e intérpretes y compositores de Sonido 13. Puede considerarse como la página oficial del Sonido 13 y de Julián Carrillo, donde pueden encontrar ejemplos de la música de Julián Carrillo, tanto en el sistema clásico, como en el sistema de Sonido 13

Los invitamos a que la revisen