Te doy el ‘la’

“Afinar es un infierno, una tortura, es inimaginable, increíble, es una auténtica locura”.

Reinhard von Nagel, afinador, profesor y lutier de claves.

En el preciso momento en que estás leyendo esta nota, en algún lugar del mundo, una orquesta sinfónica está por comenzar a tocar. Si vivís en Buenos Aires, puede tratarse, por ejemplo, de la emblemática *Orquesta Estable del Teatro Colón*, dando inicio a su interpretación de *Las cuatro estaciones*, del célebre compositor Antonio Vivaldi.

Como en un ritual, el oboe, da el “la”. Lo toma el *concertino* o primer violín y se lo pasa a toda la sección de cuerdas. Cuando están listos, el oboe se dirige a la sección de “vientos” de madera, y se les los da a sus integrantes. Luego les da el “si” a los “vientos” de metal. Todos buscan hacer coincidir el sonido de esa nota “patrón” con la misma nota de sus instrumentos. Una vez logrado, la toman de referencia para afinar todas las demás notas. Tras unos instantes, y con un público expectante —que, como testigo involuntario, comparte en silencio un momento de gran intimidad de la orquesta—, el director da la señal esperada. Y el concierto por fin comienza.

Aunque los hechos suelen demostrar lo contario, lograr que más de 120 músicos toquen cada una de las notas que interpretan en la mismísima frecuencia, parece una misión imposible. Al punto que un experto en afinación, profesor en distintos conservatorios de Europa y clavecinista, Reinhard von Nagel, dice, con evidente ironía, al referirse a la afinación de los músicos en una orquesta: “Es una locura, una locura total, porque entre cada uno puede haber un error, y después toda la orquesta comienza a rascar”[1]. Sin duda alguna, uno de los primeros desafíos que enfrenta quien decide aprender a tocar un instrumento musical es lograr la afinación de su propio instrumento. Todo estudiante sabe que la educación de su oído es un proceso largo y permanente, y que si toca con frecuencia un instrumento desafinado es probable que fije en su memoria notas y melodías musicales que difieran de los sonidos originales.

Fotos:
Fondo de orquesta
© stokkete-Fotolia.com,
440 © papparaffie-Fotolia.com

[1] El término “rascar” que utiliza von Nagel en el reportaje citado significa tocar mal un instrumento de cuerda. “El intrincado mundo de la afinación” en *“Historia General de la Tonalidad”,* Conservatorio de Música Oscar Esplá, de Alicante, España, 2011.

Alimentarse con música

Afinar, según la Real Academia Española, es "poner en tono justo los instrumentos musicales con arreglo a un diapasón o acordarlos bien unos con otros". Tal vez en la era actual, signada por el uso de la electrónica, al lector le resulte más familiar el afinador electrónico que el diapasón. Hay afinadores de esas características que producen un sonido con el fin de que su usuario afine su instrumento haciéndolo coincidir con él. Otra clase de afinadores electrónicos funcionan mostrando en su pantalla qué nota tocamos cuando pulsamos una cuerda. Esa lectura, que el aparato hace en función de la frecuencia de la nota pulsada, nos permite ajustar la cuerda hasta que coincida con la lectura.

En la actualidad existen programas para afinar que pueden bajarse gratuitamente tanto a celulares como a computadoras personales.

Pero ¿qué es y cómo funciona un diapasón? Ese objeto fue inventado en Londres, en 1711, por el británico John Shore (1662-1751), que trabajaba como músico de la corte. Lo creó con la finalidad de mantener su propio laúd siempre afinado en la misma frecuencia. Su idea al descubrir sus patrones de vibración fue que sonara en tono "la", por lo que modificó la extensión de sus ramas y el peso de las mismas hasta conseguirlo.

El diapasón es un instrumento patrón de medición que permite obtener un "la" puro para afinar la cuerda central de los cordófonos. Es una especie de barra metálica en forma de horquilla; una suerte de tenedor de dos dientes para quienes se "alimentan" con música. Está elaborado con un metal elástico (comúnmente acero) que al ser golpeado en alguna de sus ramas, mientras se sostiene por el mango, produce una vibración prolongada, en un tono puro y prácticamente sin armónicos.

Esta vibración se mantiene durante un largo tiempo, dependiendo de la frecuencia y del material con que esté fabricado. De acuerdo con su tamaño y peso producirá una vibración en una frecuencia determinada y siempre será la misma.

Fue el físico alemán Ernest Florens Friedrich Chladni, alrededor de 1800, quien describió el modelo de vibración de un diapasón y determinó lo puro de sus vibraciones, la no existencia de armónicos naturales y su capacidad de mantener la vibración en la misma frecuencia durante mucho tiempo.

Esta ventaja de los diapasones habría sido aprovechada por la fábrica Bulova para elaborar relojes cuya exactitud, basada en un diapasón muy pequeño, resultaría el alma del aparato. La empresa de instrumentos musicales Yamaha (ahora también fabricante de motores, motocicletas y barcos) se vio seducida por la importancia que tiene el diapasón en la música, al punto de emplear tres de estos instrumentos superpuestos como logo de su marca.

"La 440"

A lo largo de la historia se han tomado diferentes frecuencias para definir el "la" patrón. Existen registros de que el inventor del diapasón, John Shore, regaló al conocido compositor alemán Georg Friedrich Handel uno de sus diapasones, el que se conserva hasta el día de hoy en el museo del *Founding Hospital of London*. El tono que producía ese diapasón era de 423,5 Hz; se le llamó *pitch fork*, y se usó como patrón de referencia durante muchos años.

Los órganos que tocaban Johann Sebastian Bach en Hamburgo, Leipzig y Weimar estaban afinados en tono "la" a 480 Hz; una diferencia de cuatro semitonos. Esto hacía que el "la" que producía el diapasón inglés sonara como un "fa" en los órganos que Bach tocaba en esa misma época. Por ello se dice que la música que escuchamos ahora no es como la escribieron los compositores antes del siglo XIX.

En 1936, una conferencia internacional recomendó que el "la" que se encuentra a la derecha del "do" central del piano se afinara a 440 Hz. Este patrón fue tomado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en 1955 (y reafirmado por ellos en 1975) como ISO 16.2. Como resultado de ello, hoy el diapasón que se emplea casi universalmente para definir el tono "la", es de 440 Hz. No obstante, no es la única frecuencia que usan para afinar músicos y orquestas.

Establecida la frecuencia patrón "la" en 440 Hz, ¿cómo se calcula la frecuencia de cada una de las notas restantes de la escala musical? Para responder esa pregunta, es necesario recurrir a la matemática. Allí es donde Pitágoras se encuentra con Bach.

Sonidos armónicos y números enteros

El griego Pitágoras de Samos fue el primero en relacionar la música y la matemática. En la Grecia antigua los pitagóricos estudiaron, entre otras cosas, la armonía, considerada como la "ciencia que enseña a constituir los acordes". ¿Su finalidad? Entender cuál es la manera de combinar los acordes de forma equilibrada, para obtener sensaciones de relajación y calma, o de tensión e inquietud.

Pitágoras descubrió que existe una relación entre los sonidos armónicos y los números enteros, creando con ello una teoría matemática de la música. Para llegar a esas conclusiones utilizó un instrumento musical llamado monocordio, formado por una cuerda cuya longitud era proporcional a 12 y que podía adoptar diversas longitudes. Pitágoras dividió la cuerda en doce partes y buscó los intervalos que producían sonidos agradables y se dio cuenta que eran aquellos con longitudes proporcionales a 12.

Para la generación de las octavas desde un punto de vista matemático, hay que tener en cuenta el funcionamiento de las frecuencias, obtenidas mediante las ondulaciones de una cuerda. De este modo, si una onda se desplaza por una cuerda de longitud "*L*", y tarda un tiempo "*t*" en llegar al final y volver hasta el inicio (lo que nos daría todo un ciclo de onda), cuando la cuerda es la mitad de larga la onda volverá justamente en la mitad del tiempo a su principio. Esto provocará que si en un segundo contabilizamos, por ejemplo con la nota "la" 440 ondulaciones y vibraciones por segundo, para su octava obtendremos 880. Para lograr una octava superior, bastará entonces con multiplicar por dos la frecuencia de la nota original. De este modo, con la mitad de una cuerda las ondas llegan en la mitad de tiempo a su origen y vuelven a ser rebotadas, por lo que en el mismo lapso, se generan el doble de vibraciones. De ahí que una nota y su octava tengan un factor múltiplo de 2 entre sus frecuencias.

¿Partituras escritas en hertz?

¿Cuáles son los parámetros que se toman para saber si nuestro instrumento o nuestra propia voz, está o no afinado? Las notas de una escala no son más que una serie de relaciones de frecuencia vibratoria preestablecida. Sus nombres son producto de una convención y su altura, se mide en hertz (Hz), que es el número de oscilaciones, ciclos o vibraciones de un sonido por segundo (ciclo/segundo).

Pero como para un músico sería una incomodidad escribir sus partituras en hertz, las alturas reciben determinados nombres, que son los que conocemos en la escala tradicional como notas musicales: "do-re-mi-fa-sol-la-si" y sus variaciones —los bemoles y los sostenidos (do#, re#, fa#, sol#, la#) que se usan para marcar semitonos—, completando una escala de 12 notas.

Si tomamos como parámetro las teclas blancas y negras del piano sabemos que la distancia que separa a una nota de la siguiente es de un semitono. La proporción entre una nota cualquiera y la siguiente es siempre constante, por lo que recibe el nombre de razón (**r**).

Para calcular la frecuencia de una nota podemos partir de un valor ya conocido, por ejemplo: "la" 440 Hz. Comenzando desde el "la" 440 Hz y subiendo en la escala (hacia la derecha del piano), las 12 notas de la escala serían: la, la#, si, do, do#, re, re#, mi, fa, fa#, sol, sol#, la.

La frecuencia de "la#" sería: $440\ \text{Hz} \times \mathbf{r}$
La frecuencia de "si" sería: $440\ \text{Hz} \times \mathbf{r} \times \mathbf{r} = 440\ \text{Hz} \times \mathbf{r}^2$

De ese modo puede plantearse la frecuencia en relación a la distancia en semitonos de cada nota en relación al "la" 440 Hz. Por ejemplo, si se desea calcular la frecuencia del "do" que sigue al "la", hacia la derecha del teclado (más agudo), dado que entre ambas notas hay 3 semitonos, su frecuencia sería $440\ \text{Hz} \times \mathbf{r}^3$.

De manera progresiva puede plantearse la fórmula para cada nota, hasta llegar al siguiente "la" en el teclado (o sea, una octava más arriba). Como sabemos que son 12 son los semitonos que separan a una nota de su octava, entonces en este caso la frecuencia de su octava sería $440\ \text{Hz} \times \mathbf{r}^{12}$.

Esa octava del "la" 440 Hz con la que comenzamos el ejercicio sabemos que tiene un frecuencia del doble en hertz, por lo tanto su frecuencia será de 880 Hz, lo que se puede plantear como: $440\ \text{Hz} \times \mathbf{r}^{12} = 880\ \text{Hz}$

De aquí se deduce que $\mathbf{r}^{12} = 2$

Ya tenemos la razón buscada: $\mathbf{r} = \sqrt[12]{2}$ $\quad \mathbf{r} = 1{,}059463$

En conclusión, para encontrar la frecuencia de cualquier nota debemos saber la distancia en semitonos que separa a dicha nota del "la" 440. Esa distancia la llamaremos ***d***. Sólo resta aplicar la fórmula:

$F = 440\ \text{Hz} \times \mathbf{r}^{d} = 440\ \text{Hz} \times 1{,}059463^{d}$

Si las frecuencias que se buscaran calcular fueran de notas más graves que "la" 440 Hz (o sea, de las ubicadas hacia la izquierda de ella en el teclado del piano) la distancia será negativa.

Después de todos estos cálculos, resulta más clara la afirmación del maestro Reinhard von Nagel incluida al principio de esta nota. ¡Afinar es una verdadera locura!

Claudia Mazzeo (Argentina)

El diapasón es un instrumento patrón de medición que permite obtener un "la" puro para afinar la cuerda central de los cordófonos.

Foto diapasón: Adrián Gilardoni