

FÍSICA DE LA PERCEPCIÓN MUSICAL

*Pedro Vilarroig**

Hace tiempo presencié, tanto en foros de internet como en varias conversaciones, discusiones sobre el porqué de la disonancia y de la consonancia en el lenguaje musical. Algunos eran de la opinión de que se trata de un fenómeno cultural, defendiendo en ciertos casos, no sin pasión, que una disonancia o su contrario lo son, o no, dependiendo de la ubicación geográfica en la cual sea escuchada. Otros admitían que no eran conocedores del fenómeno físico con la suficiente profundidad. El caso es que, tampoco en los libros de física acostumbra aclarar este punto con la suficiente contundencia, limitándose a estudiar el fenómeno de la superposición de dos ondas, sin relacionarlas con la sensación fisiológica de consonancia o disonancia.

Existe un experimento que pone de relieve que consonancia o disonancia son ajenas a la cultura, y que demuestra que las ondas sonoras se comportan de forma diferente si pueden interferir en el aire, o si no lo hacen. Para ello, se sitúa en un archivo informático estereofónico una pista con un sonido, o música, determinado; mientras que en la otra se coloca el mismo sonido, pero desafinado un cuarto de tono. Si una persona escucha el efecto resultante valiéndose de auriculares (es decir, impidiendo la transmisión aérea), comprueba que lo que oye no aparenta estar desafinado. Si eso mismo se escucha mediante un sistema normal de amplificación, detectará inmediatamente el

efecto desagradable de la desafinación de un cuarto de tono. Eso se debe a que, a través del aire se permite a ambas ondas interferir, lo que no sucede con el uso de auriculares.

Cuando dos ondas de tipo senoidal interfieren, se forma la denominada *frecuencia de batido*, que modula la onda resultante. Aparece entonces un paquete, llamado *grupo*, en cuyo interior oscila la llamada *portadora*. Se puede definir un parámetro: el *índice de consonancia*, que mide el número de periodos de la portadora que caben dentro de un grupo (ver figura, parte *a*). En el caso propuesto, se puede ver que hay cinco de estos periodos. Existe una correlación estrecha entre este índice de consonancia y la sensación de disonancia que este intervalo produce. En la parte *b* de la figura se comparan los grupos de los intervalos de quinta, tercera mayor, menor, segunda mayor y menor, y podemos ver que el índice (*Ic*) aumenta a medida que la disonancia es más fuerte. Podemos concluir que el *índice de consonancia* mide la longitud del periodo armónico de la onda resultante, y que éste se correlaciona con la sensación de disonancia. También, hay una gran correlación, cuando se trata de intervalos formados con sonidos naturales, con el criterio de Helmholtz, referente a la concordancia del número de armónicos de ambas notas.

Asimismo, hay un estudio sobre la influencia que tiene la diferencia de frecuencias

* Profesor Universidad Politécnica de Madrid, España..
Recepción: 08/12/2011. Aceptación: 11/04/2012.

entre dos sonidos y el ancho de banda crítico de la membrana basilar del oído interno. Este ancho de banda se define como la distancia frecuencial necesaria que han de tener dos sonidos para que la membrana basilar sea capaz de detectar ambos como dos notas separadas. Según estudios de los holandeses R. Plomp y J.M. Levelt de la Music School (State University, Ohio), publicados en el *Journal of the Acoustical Society of America*, (1965), así como los japoneses Kameoka y Kuriyagowa, del *Central Research Laboratory*, (*Toshiba*), también en la misma revista (1969), la máxima sensación de disonancia se forma cuando la diferencia de frecuencias entre las notas es aproximadamente igual a una cuarta parte del ancho de banda crítico.

Otro fenómeno interesante es la ausencia de la nota *Fa* en el fenómeno físico armónico, lo que hace que dicha nota haya sido añadida de manera artificial y que dé lugar a los siguientes aspectos: en primer lugar, que forme el intervalo de *triton* (tres tonos enteros) con la nota *Si*, y que éste ostente un elevado índice de consonancia. Este intervalo, debido a su gran disonancia (recordemos que fue considerado “diabólico” en la antigüedad) y a la artificialidad del *Fa*, crea la necesidad de su resolución, lo que dio lugar al *sistema tonal*. En segundo lugar, dado que el *Fa* es inexistente como armónico, hace que no haya armónico alguno que forme intervalo de cuarta justa con la fundamental (o cualquiera de sus armónicos potencia de 2, lo que significa que si la fundamental se tratase de un *Do*, por ejemplo, estos armónicos serían los sucesivos *Do-s* en octavas crecientes.); y que dicho intervalo, pese a ser consonante, sea enormemente inestable, debiendo igualmente resolver. Incluso, existen tratados en los que la cuarta se trata como disonancia por culpa de esta inconsistencia. Se puede pensar, dado que el sistema temperado altera las relaciones frecuenciales entre notas, y que dichas variaciones resultan aceptables al oído, que el armónico 11, al tratarse de un *Fa* sostenido calante, podría jugar el papel aproximado del *Fa*. No obstante, se comprueba que los intervalos construidos a partir de este armónico resultan inviables por su exceso de desafinación.

Para terminar con este tema, hay que hacer notar que el *Fa* se puede incluir en la escala mediante un ardid matemático, harto artificioso, consistente en dar la vuelta a todos los armónicos y formar una torre invertida, a modo de reflejo de los armónicos reales en un espejo y respetando los intervalos. Se halla así el *Fa* como quinta descendente. Si bien, desde el punto de vista físico, esto es absurdo y un puro desatino, desde su vertiente matemática nos hace concebir al *Fa* como una nota negativa. Es bien sabido que la alteración *sostenido* aumenta un semitono la nota afectada por éste, mientras que el *bemol* lo hace en sentido descendente. Con este criterio se puede entender el sostenido como +1, y el bemol -1, y que, consecuentemente, las tonalidades positivas estén formadas a partir de sostenidos y las negativas con bemoles. Se afianza, pues, la visión del *Fa* como nota negativa ya que su tonalidad (*Fa* mayor) es la única de la escala natural que usa un bemol en su armadura, mientras que el resto usa sostenidos. Matemáticamente, podemos considerar *Do* mayor como 0, *Sol* mayor como +1, *Re* +2, *La* +3, etc., mientras que *Fa* sería -1. Como todo estudiante de música sabe, para completar la serie de quintas pitagóricas, es menester comenzar en *Fa*, siendo esta misma nota la primera que debe ser alterada en la armadura de sostenidos, y no la tónica *Do*.

Para concluir este pequeño ensayo sobre percepción musical, hay que citar la teoría de la información, desarrollada por C. Shannon y W. Weaver hacia 1981, como una pieza importante a la hora de determinar su calidad. Evitar hablar de la calidad de una obra contemporánea ha sido y sigue siendo un hecho común. Con frecuencia se elude el tema mediante la sutil estrategia del arte de envolver con la palabra. Se oyen citar (que no razonar y argumentar) teorías como el caos, fractales, microtonalidad y otras, con la pretensión de ocultar si realmente una determinada producción musical cumple unas normas mínimas de aceptación. No es suficiente justificar con leyes de dudosa eficiencia la realidad de una obra de arte. Precisamente, la teoría de Shannon y Weaver fue aplicada, aunque como es natural, con una sustancial restricción de recursos matemáticos, a campos como el

arte y el periodismo. En dicha teoría es crucial que al sujeto receptor le llegue la información suficiente y asimilable como para despertar su interés. Por poner un ejemplo, un texto carece de la información suficiente cuando peca de reiterativo, cuando trata de obviedades que conocemos sobradamente, o cuando la estructura de sus frases no llega a transmitir nada concreto. Paralelamente a esto, en el caso del discurso musical, se puede caer en el defecto de un exceso de repeticiones, el uso de fórmulas poco o nada novedosas, o pecar de una aleatoriedad que no evoque nada definido. Cuando sucede esto, la música carecerá de información y no será bien recibida por el público. En el otro caso se encuentra el exceso de información, que, por acumulación desordenada, impida ser procesada correctamente y se interprete como ruido.

Es posible que una determinada obra posea una estructura basada en una gran complejidad y número de leyes que la gobiernen, pero en tal caso, lo más probable es que el oyente no sea capaz de procesar tal cantidad de datos y lo perciba simplemente como un proceso caótico

sin sentido. Precisamente esto es lo que sucede en la teoría de sistemas dinámicos (más conocida popularmente como la teoría del caos) cuando un sistema evoluciona con tal complejidad, que alcanza el denominado *punto de Faigenbaum o punto de ingreso en el caos*. El sistema sigue funcionando con sus leyes propias, pero a la vista de un ser humano parece que todo se ha vuelto aleatorio, puesto que su cerebro no es una computadora con la capacidad de procesar toda la información ofrecida. Esto es crucial a la hora de determinar si una obra contemporánea carece o no de la debida claridad de exposición y, consecuentemente, de calidad ante un público no cibernético, sino humano, que percibirá como simple ruido un innegable, pero fútil esfuerzo por una organización excesivamente prolija y sofisticada del material sonoro.

El arte no consiste en la creación de estructuras inexpugnables, sino más bien en la sencillez de la transmisión de un mensaje claro y de fácil asimilación, forjado en el interior del espíritu del artista que sea capaz de tocar lo más sensible del público y compartir su vivencia.



