

CONFERENCIA

"Música, Ciencia y Cerebro. De la Grecia Antigua, con el Trivium y el Quadrivium, hasta la Actualidad"

Excmo. Sr. Rector Magnífico, Excmas. e Ilmas. Autoridades, Miembros del Claustro Universitario, profesores, compañeros, señoras y señores:

Nuestra universidad ha añadido a sus actividades la creación de una orquesta sinfónica, una banda de música y un nuevo "Doctorado en Música, y su Ciencia y Tecnología", que ha tenido un éxito inesperado en su inicio —al menos en la inscripción para su primer año—. ¿Por qué la música? Permítanme intentar responder a esta pregunta a través de las implicaciones de la música con la ciencia y en el propio cerebro humano.

Revisemos antes un ranking reciente de universidades americanas en el campo de las ingenierías. Allí encontramos los nombres habituales: MIT, Stanford, Carnegie Mellon, Berkeley, Harvard, etc. Tal vez pueda sorprender, a algunos, que todas tengan, no solo departamentos de música, sino también excelentes auditorios, orquestas, coros —muchos de ellos con gran renombre internacional— y actividades musicales casi diarias. También ocurre algo análogo en universidades europeas: Oxford, Cambridge, La Sorbona, Heidelberg, etc. La UPM ha establecido contactos ya para firmar convenios con varias de estas escuelas de música.

La Música y la Ciencia

El término "música", proveniente del griego, significa "el arte de las musas". Estas eran las divinidades de las artes. Si retrocedemos en el tiempo, las excavaciones arqueológicas han permitido hallar el instrumento más antiguo que conocemos: una flauta elaborada con perforaciones en un hueso de pájaro. Construida hace unos cuarenta mil años, fue descubierta en Alemania. Desconocemos la relevancia social de estos instrumentos, aunque ya Darwin propuso el importante significado evolutivo que la música habría tenido en el ser humano.

Muchos miles de años después, Pitágoras, el gran matemático, caminaba por una calle —según la leyenda—, cuando escuchó unos fuertes sonidos rítmicos que provenían de una herrería, originados al golpear láminas de metal con un martillo. Intrigado,

Pitágoras llevó a cabo diversos experimentos con cuerpos que vibraban, como cuerdas tensas y recipientes llenos de agua o semivaciados. Así él fue el primero en establecer la relación entre matemáticas y música, con la existencia de regularidades numéricas, tonalidades y la división de una escala en notas principales e intermedias, con intervalos estables. Pitágoras creyó intuir en esta relación que la naturaleza estaría gobernada por proporciones numéricas y existiría una armonía, musical, en el universo entero. Se cree que el matemático Euclides pudo escribir un libro, “Los Elementos de la Música”, perdido hace siglos.

Esta armonía musical de los planetas se convertiría en un tema constante en el pensamiento filosófico. Platón lo trata en profundidad en su diálogo *Timeo* y en *La República* manifiesta la importancia de la música en la educación de los jóvenes. Aristóteles recapitula la concepción pitagórica en su obra *Sobre el Cielo* y afirma, en su “*Política*”, que la música, “al procurar descanso a la inteligencia, contribuye también a perfeccionarla”. En la educación griega, la música tenía el mismo estatus que la aritmética, la geometría y la astronomía, formando el llamado “quadrivium” que, con el “trivium” —la gramática, la retórica y la dialéctica—, integraban las siete artes liberales.

Veinte siglos más tarde, Johannes Kepler, en su obra *Harmonices Mundi* aborda los principios de la consonancia musical y recupera el viejo tema de la armonía musical del universo. Vincenzo Galilei, padre de Galileo, transmitió a su hijo el amor a la música. Galileo disfrutaba acompañando a su padre —músico y uno de los mayores teóricos musicales de su tiempo— con el laúd o el órgano. Einstein se preguntaba cómo habría hecho sus mediciones Galileo, por la falta de instrumentos de precisión. Según algunos autores, Galileo podría haber ejecutado un número determinado de notas musicales durante el movimiento de una bola sobre un plano inclinado, en su famoso experimento, para registrar un número igual de distancias. Esta medición sería más precisa que las realizadas con los mejores relojes existentes en la época.

Para Isaac Newton, la teoría musical fue un componente básico de su análisis de la luz, mediante una analogía entre el espectro del color y la escala musical. Las siete notas de la escala se corresponderían con los colores del arco iris. Si bien el mismo Newton encontró que esta hipótesis era errónea, fue fundamental para conducirle más tarde hacia el camino correcto. Para su rival académico, Leibniz, la música encierra un ejercicio de matemáticas ocultas.

En el Siglo XVIII científicos como Bernoulli, Euler y Lagrange abordaron el estudio de las vibraciones producidas por una cuerda musical tensada. Estas investigaciones supusieron un avance fundamental en la física. El gran matemático Euler, con 23 años, escribió un tratado extenso de teoría musical. Von Helmholtz, médico y físico, publicó, en el XIX, dos tratados clásicos sobre música. El uso moderno de la simetría en las ciencias tiene viejas raíces musicales —como en Bach. Ya en el siglo XX, Max Planck, padre de la teoría cuántica, fue también músico, celebrado pianista, director de coro y compositor —llegó a componer una opereta—, que dedicó varios años al estudio físico de la música, tema clave para sus investigaciones cuánticas posteriores.

Elsa, la segunda mujer de Einstein, relataba cómo este interrumpía el trabajo en su despacho para tocar el violín o el piano y volver, más tarde, ya relajado y con nuevas ideas, al trabajo científico. Niels Bohr era también un pianista aficionado, como otros físicos de la Universidad de Göttingen, enclave central en la naciente física cuántica a principios del siglo XX. En 1925 el matemático americano Norbert Wiener, años más tarde padre de la cibernética, impartió en esta universidad un seminario sobre nuevos métodos matemáticos para el análisis armónico de las vibraciones de, por ejemplo, el movimiento de la cuerda de un instrumento musical. Wiener expuso cómo la precisión en el tiempo implicaba necesariamente una limitación en la medida del tono. Esta conferencia impactó enormemente en un joven becario —y excelente pianista—, Werner Heisenberg, que en 1927 llegaría a su famoso principio de indeterminación, usando para ello el mismo tipo de análisis matemático. Otro físico, Edward Teller, padre de la bomba de hidrógeno —y también buen músico—, hizo llevar su piano a Los Álamos, el centro de investigación del proyecto Manhattan. El Nobel de Física Otto Hahn, tenor, solía cantar piezas clásicas, acompañado algunas veces al piano por Einstein y Planck. De Richard Feynman conocemos, por él mismo, su afición a tocar los bongos en clubes y fiestas. Jacques Monod, también Nobel, pionero de la biología molecular, dividía el tiempo entre su laboratorio de La Sorbona, la dirección de un coro especializado en Bach y la participación como violonchelista en un cuarteto.

Algunos investigadores han sugerido varias razones para que haya tantos científicos interesados en la música: 1) esta incluye patrones matemáticos; 2) las dos, ciencia y música, tienen un alto componente de creatividad y experimentación. Cajal proponía que las mentes científicas creativas buscan también la creatividad en las artes. Una encuesta realizada en 1982 reveló que la proporción de premios Nobel que eran también

músicos era el doble que en el conjunto total de científicos; 3) ambas requieren gran concentración y esfuerzo, pero la música puede ayudar a relajar la mente; y 4) los niños que crecen en familias con inquietudes científicas suelen acudir más frecuentemente a clases de música.

De igual forma, un alto número de compositores y músicos poseía un título de ingeniería o matemáticas, o avanzada experiencia científica. Por ejemplo, Borodin, Mussorgsky, Elgar o Saint-Saens. En nuestra universidad contamos con los ingenieros Pedro Villaroig y Jorge Grundman, compositores sobresalientes, con numerosas obras estrenadas en varios países. Leopoldo Calvo Sotelo, ingeniero de la UPM y presidente del gobierno de España, era también pianista (aficionado).

Cerebro y Música

Cuando escuchamos música, los sonidos pasan por el oído externo, medio e interno, y las señales nerviosas generadas llegan a regiones cerebrales como el tálamo, amígdala e hipocampo, siendo procesadas más tarde en el lóbulo temporal. Unos cinco mil artículos emergen sobre el tema “cerebro y música” en Pubmed, la fuente bibliográfica principal en las ciencias biomédicas, describiendo la enorme variedad de procesos implicados. Diversos estudios indican que escuchar música tiene importantes beneficios fisiológicos, como se ha propuesto con la musicoterapia. Un ejemplo clásico es el del rey Felipe V (aparte de la historia bíblica de David y Saúl, o la del mismo Nerón). Llevaba el rey un largo tiempo postrado en cama, aquejado de una severa depresión, por lo que la reina tuvo la idea de traer desde Inglaterra al castrato Carlos Broschi, “Farinelli”. Según la leyenda, al llegar este y cantar en la habitación contigua, el rey se levantó de la cama para escuchar al cantante. Recuperado anímicamente, pronto pudo volver a su vida habitual. Farinelli abandonó los teatros y durante los siguientes nueve años le cantó al rey las mismas cuatro canciones noche tras noche —convirtiéndose, de paso, en uno de los personajes más poderosos del reino. En nuestro tiempo, numerosos hospitales incluyen la música en el tratamiento de varias patologías.

Los niños entre siete y trece años de edad desarrollan mejores habilidades en el aprendizaje de un instrumento que en edades posteriores, con cambios neuronales que se observan en estudios realizados con Resonancia Magnética funcional y Magnetoencefalografía —dos de las principales técnicas médicas de referencia, la última disponible en la UPM—. Investigaciones recientes parecen sugerir que la escucha musical comparte sustratos neuronales con la adquisición de conocimientos, el

sexo o la búsqueda de comida. En todas ellas existe una sensación de placer. El manejo y estímulo adecuado de las emociones de los estudiantes sería así una cuestión clave en la educación, sea general o musical.

Procesos Cerebrales Inconscientes

Uno de los temas más apasionantes de la neurociencia moderna es el papel de los procesos inconscientes y automáticos en nuestra actividad cerebral. Fueron popularizados por Freud —que les dio una exégesis mitológica, alejada de la ciencia objetiva— y estudiados por, entre otros, el premio Nobel Eric Kandel. Los mecanismos inconscientes y automáticos son fundamentales en numerosas tareas rutinarias, hábitos y habilidades perceptivas y motoras, que requieren memoria implícita; pero no son accesibles a la consciencia —aspecto decisivo en cuestiones musicales como la composición o el aprendizaje—. Para tocar cualquier pieza con seguridad un músico tiene que ensayarla incluso cientos de veces. Los procesos inconscientes pueden ser más numerosos, precisos y rápidos que los conscientes y son fundamentales en nuestra actividad cognitiva y creativa. ¿Quiénes no han recordado una cuestión minutos después de haber abandonado, desesperados, la búsqueda de la solución y estar ya dedicados a otra cosa? Si dudamos al pasar junto a un precipicio, este proceso se convierte en consciente y la probabilidad de caer se multiplica. Cuando un tenista o un portero de fútbol duda, su final profesional puede estar cerca.

El acto original de la creación —musical en este caso— sigue siendo desconocido. Muchos compositores se sienten como los receptores de una música que estaba antes que ellos en el universo, en el éter, o “ahí fuera” y de la que solo son simples transmisores. Tchaikovsky soñaba una y otra noche con melodías que no le dejaban dormir. Lou Reed escuchaba en su mente las canciones de su próximo disco en una radio imaginaria. Paul McCartney y Keith Richards contaban como soñaron canciones tan conocidas como *Yesterday* o *Satisfaction*. Richards, miembro de los Rolling Stones, recuerda cómo, al despertarse una noche con la melodía en la cabeza, conectó la grabadora, registró la canción y a la mañana siguiente pudo escuchar el esbozo del *Satisfaction* ... ¡y media hora de ronquidos! Una explicación neurocientífica sugiere que el proceso de creación musical ha sido llevado a cabo por redes neuronales de procesos inconscientes, a los que la consciencia no tiene acceso directo, por lo que los compositores piensan que la inspiración ha llegado de otra dimensión desconocida para ellos. Estos temas son objeto de estudio en la UPM.

LA CIENCIA DEL CANTO

Personalmente he dedicado parte de mi tiempo libre, durante treinta años, a la lectura de tratados de canto —hoy olvidados— escritos entre los siglos XVII y principios del siglo XX. Si los luthiers, Stradivari y Guarneri no dejaron ningún texto sobre su proceso de construcción de violines, la literatura sobre canto es ingente.

Veamos este fragmento:

“Así como la electricidad es el elemento de movimiento más rápido en la creación cósmica, con la excepción de la luz, los mensajes cerebrales enviados a través de los nervios son los movimientos más rápidos en el cuerpo humano (...). Los ojos perciben las notas en el papel, los nervios oculares comunican el resultado al cerebro; a partir de ahí se envía un mensaje de inmediato al sentido del tono; otras comunicaciones se envían a todos los músculos que dirigen la respiración, la posición de la laringe, el tono de los intervalos, la tensión de las bandas vocales, el elemento dinámico, la forma de las cavidades de resonancia para el sombreado del tono y la coloración del elemento de vocal, y la acción muscular para colocar y afinar las consonantes; También se envían órdenes al sentido del tiempo para atender el trabajo rítmico. Todo esto, mientras que las comunicaciones se mantienen continuamente entre los nervios del oído y el cerebro, para ayudar y corregir, aquí y allá, y de nuevo al ojo para atender con el más mínimo cuidado a todos los detalles que conforman una actuación artística”.

Lo asombroso es que este texto fue escrito por un maestro de canto, hoy olvidado, en 1888, cincuenta años antes del inicio de la Cibernética y más de un siglo antes de las neurociencias actuales. Los maestros de canto del siglo XIX manejaban un conocimiento musical, práctico y científico, extraordinario, imposible de encontrar en nuestros días. Es necesario recordar aquí al más legendario de estos maestros, el madrileño Manuel García, que funda una escuela de canto e inventa el laringoscopio, en 1854, para estudiar la técnica de canto. Se convierte así en el padre de la otorrinolaringología moderna.

Hace apenas treinta años teníamos un gran número de cantantes españoles de ópera, “divos” en los grandes teatros —Kraus, Caballé, Domingo, Aragall, Carreras, De los Ángeles, Berganza, Pons, etc— hoy sin sucesores en ese nivel. Una posible causa sería el desconocimiento creciente de la técnica clásica del canto. Quiero mostrar ahora dos vídeos muy breves de dos de los últimos grandes cantantes de la lírica, Luciano

Pavarotti y Plácido Domingo. En ellos muestran su técnica con la respiración y el llamado “sonido cubierto” en el “passaggio”, las notas que conectan la zona media y aguda en los cantantes. La técnica correcta, hoy incluso desconocida para muchos cantantes jóvenes, es el resultado de una complejísima coordinación muscular y neurofisiológica, cuyo dominio requiere al menos diez años y que acaba siendo la tumba de numerosos estudiantes de canto. Estos temas son el foco de una investigación presente, desde un punto de vista acústico, con el catedrático Pedro Gómez Vilda y el profesor Víctor Nieto. Otra, inmediata, se podrá realizar —esperamos— con permiso de la autoridad y de los posibles voluntarios del coro de nuestra universidad.

Epílogo

Ya en la conclusión quiero mostrar aquí la variedad de temas del nuevo doctorado musical, invitándoles a pensar en las grandes posibilidades que nos ofrece. Por citar un solo ejemplo mencionaré a uno de mis doctorandos, director de innovación en un importante banco, que está trabajando en el uso de la inteligencia artificial para diseñar nuevos métodos de enseñanza musical. La Inteligencia Artificial ofrece un horizonte prometedor en temas de edición musical y ayuda a estudiantes, intérpretes y compositores. Piensen ustedes ahora en sus temas propios de investigación, porque tal vez encierran algún misterio musical.

—“¿Qué le recomendarías a Justin Bieber para mantenerse en el mundo musical?”

—“Aprender todos los aspectos de la música. Que coja un instrumento y busque un buen maestro”.

Prince (1958-2016)