

Música y neurociencias

Ricardo Masao Buentello García¹, Alma Rosa Martínez Rosas², Mario A. Alonso Vanegas

RESUMEN

La música es la combinación de sonidos ordenados a través del tiempo, las diferentes habilidades cognitivas deben trabajar armónicamente para lograr apreciarla, interpretarla y crearla, al componer o tocar un instrumento musical. Es percibida y evoca emociones en todo ser humano, desde el nacimiento el recién nacido reacciona de manera favorable a estímulos de sonidos consonantes y a la melodiosa voz de su madre, y está presente en toda cultura a nivel mundial, ha acompañado al ser humano desde sus orígenes y algunas hipótesis indican que ha estado presente (sin valor artístico) desde antes de la aparición del hombre, como una habilidad en ciertas especies animales para el apareamiento o socializar. Estudios recientes de imagen cerebral funcional y metabólica, así como, análisis de casos neurológicos en pacientes músicos y no músicos han comenzado a descifrar la localización, procesamiento y creación de la música. Los músicos la perciben de manera distinta al resto de la población, debido a que la procesan con el hemisferio izquierdo y poseen asimetrías cerebrales especialmente en áreas motoras y auditivas primarias, y algunos desarrollan oído absoluto que se define como la habilidad de repetir o indicar un tono dado sin ninguna referencia previa al estímulo. Nuevas investigaciones son necesarias para identificar de manera más precisa las redes neuronales y la función cerebral general al escuchar o crear música.

Palabras clave: centro musical, evolución musical, música y emociones.

Neurosciences and music

ABSTRACT

Music is the ordered combination of sounds through time. In order to perceive, interpret and create it, composing or playing a musical instrument, different cognitive abilities must work together. It is perceived and prompts emotions in every human being. Since birth, newborns react favorably to consonant sounds and to the melodic pattern of their mothers' voices, having been present in every human society since the origins of man. Some hypothesis argue that it has been present long before the appearance of man (without artistic value), in the form of animal strategies to reproduce or socialize. New metabolic and functional neurological imaging technology and the study of some musician and non-musician patients suffering neurological diseases have begun reveal and unveil neuronal systems for music. Musicians perceive music in a different way than the general population because they process it in their left hemisphere and possess specific regional asymmetries in primary motor and auditory cortices. Some musicians develop perfect pitch, which is defined as the ability of a person to identify or re-create a given musical note without the benefit of an external reference. New research on the subject is needed to better identify neural networks and general cerebral function when listening to or creating music.

Key words: musical center, musical evolution, music and emotions.

"Antes de Wagner, la música se movía en límites generalmente estrechos. Se aplicaba a estados permanentes del hombre, a lo que los griegos llamaban ethos; fue Beethoven quién comenzó a ensayar el lenguaje del pathos, es decir, de la voluntad apasionada, de los fenómenos dramáticos que suceden en el corazón del hombre".

Nietzsche

El arte es una forma de comunicación, expresa ideas, conceptos, emociones y significados, representa talento, habilidad y creatividad...¹; para Ramos es producto de la actividad espiritual del hombre y debe ser considerada ante todo como un fenómeno de la cultura, no como un fenómeno natural². La música² es un arte de gran poder, evoca sentimientos, nos relaja, es utilizada en la guerra, para bailar en festejos, como terapia, entre otros. Es tan importante para la humanidad que acompañó al hombre cuando descubrió la agricultura y creó el lenguaje³, algunos científicos argumentan que tuvo sus orígenes antes de la existencia de la raza humana, cuando nuestros antepasados imitaban los sonidos de la naturaleza (melodías de pájaros, aullido de lobos, etc.). Mucho antes todavía de la aparición del hombre, la capacidad musical de ciertas especies en el uso de su “voz”, cuerpo y objetos, no sólo para aparearse o mostrar dominancia grupal, también para divertirse y socializar, algunos animales tienen la extraordinaria capacidad de componer en un sistema ABA, (una forma musical compleja en la cual hay una exposición, un desarrollo temático y una reexposición), esta forma musical es la *Sonata*², también conocida como forma “perfecta”⁴. Teniendo en cuenta que éstos animales comparten un ancestro común, en un principio se creyó que debería existir un vínculo, o una estructura interna semejante entre sistema nervioso central (SNC) de éstos animales y el del ser humano que funciona como *centro musical*⁵, pero algunos investigadores, utilizando resonancia magnética funcional (RMf) analizaron músicos con trastornos neurológicos describieron en primer lugar y de manera general la ubicación de los elementos musicales (tono, ritmo y armonía) en el cerebro⁶, también han demostrado la complejidad cognitiva que se requiere para percibirla y crearla (interpretación y composición) y han desechado la idea original de la existencia de un centro musical. Recién con el avance tecnológico, el estudio de trastornos neurológicos e investigaciones comparativas entre profesionales de la música y sujetos no músicos, se han descrito vías neurofisiológicas implicadas en oído absoluto, plasticidad cerebral, análisis armónico, análisis estructural de la forma musical, ritmo, regiones frontales asociadas a la composición, emociones evocadas por una obra, fisiología de los cantantes de ópera, enfermedades asociadas como amusia, psicoterapia musical, terapia en pacientes con Gilles de la Tourette, teoría evolutiva, etc. Es un campo en neurociencias que ha comenzado a desarrollarse y consolidarse como estudio de posgrado en el mundo en los últimos años.

Arte, música y evolución

La vida en la tierra ha sido producto del azar, ha evolucionado a través de una serie de eventos fortuitos⁷, y uno de ellos ha dado origen al arte, nuestras habilidades

cognitivas y perceptuales dieron como resultado un sistema que encuentra placer e interés en la música^{8,9}. El arte tuvo sus orígenes hace 35,000 a 40,000 años^{6,10} en el oeste de Europa, cuando el hombre primitivo imito sonidos de animales al cazar para engañar a su presa, con la pintura rupestre y pintura corporal. Una forma de cognición es la abstracción y representación simbólica, bases del arte². La música es un producto cognitivo, su ejecución requiere participación de múltiples dominios como: creatividad, talento, destreza motora, razonamiento, decisión, planeación, semántica, emociones, atención, memoria, etc., debido a ésta complejidad para su producción, hay sectores científicos que afirman que es exclusiva de la especie humana, pero existen estudios que nos muestran que algunos animales pueden cantar en tono, componer melodías con formas musicales complejas, recordar canciones e incluso aprender a cantar en nuevas tonalidades⁸. Esto nos lleva a pensar un origen musical anterior al del hombre⁵, en un ancestro común de los vertebrados y regiones cerebrales especializadas en la creación artística desde hace miles de años y no exclusivas de los humanos para crear música. Algunos lingüistas y científicos afirman que la música es una habilidad necesaria en la vida de ciertas especies para aparearse^{1,3,5,8}. Estudios en humanos y animales han mostrado que el cerebro reconoce una octava (distancia de 6 tonos) y quizás la quinta (distancia de 3 ½ tonos), como sonidos especiales¹¹.

Algunos ejemplos de animales que producen sonidos con componentes musicales son: ballenas jorobadas, delfines, y algunos pájaros, que poseen capacidad para crear melodías y mantener un ritmo y estructura musical compleja como la sonata. Las ballenas jorobadas (*megaptera novaeangliae*), pueden producir frases⁴ y mantenerlas por varios segundos antes de pasar a una nueva, creando temas; sus composiciones no son ni más cortas que una balada, ni más largas que un movimiento de sinfonía⁵, cantan siempre en tono y sus composiciones tienen forma ABA (estructura de sonata); algo impresionante que se ha descubierto es que las ballenas al realizar sus largos viajes migratorios para reproducirse, se encuentran con otros grupos migrantes, cada grupo trae consigo un repertorio musical único compuesto por sus miembros, y al interactuar intercambian música, al separarse de nuevo y cada grupo retomar su camino, se encontró que ballenas de los diferentes grupos aprendieron canciones de sus compañe-

Recibido: 5 marzo 2010. Aceptado: 19 marzo 2010.

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. ²Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez”. Correspondencia: Mario A. Alonso Vanegas. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez”. Insurgentes Sur # 3877, Col. La Fama, 14269 México D.F. E-mail: alonsomario@hotmail.com

ras de otros grupos, además siguen cantando en diferentes tonalidades y tiempos hasta por 3 años⁵. Algunos pájaros como el *Catherpes mexicanus* canta en escala cromática (12 tonos), y el *Catharus guttatus*, utiliza penta-tónica⁵. La creación de sonidos, no es exclusiva del dominio vocal en las especies, algunos primates utilizan objetos para reforzar su comunicación, como golpear el suelo, aventar rocas, entre otros. En seres humanos el uso de objetos para producir sonido se remonta a más de 50,000 años, en Francia se han descubierto flautas de hueso de entre 30,000 y 53,000 años de antigüedad. También hay estudios que indican que el hombre de Neanderthal fabricó flautas de huesos de oso y venado.

Al igual que los animales, los humanos utilizan la música como herramienta de comunicación¹. El lenguaje requiere de configuración anatómica de las cuerdas vocales, laringe, faringe, etc., la presencia del gen FOXP2 presente sólo en animales que poseen capacidad para vocalizar, tiene actividad sobre más de 100 genes la mayoría implicados en el desarrollo del SNC; éste gen casi no ha variado a lo largo de 60 millones de años¹². Se ha sugerido que el lenguaje hablado se originó a partir de gestos manuales y faciales^{1,13}. Algunos científicos concluyen que música y lenguaje comparten las mismas bases neuroanatómicas; arte y lenguaje son formas de comunicación que dependen de expresiones abstractas (simbólico), por esta razón pudieron haber tenido una evolución paralela. Los humanos y sus ancestros inmediatos creaban dibujos o producían sonidos para representar ideas antes de que el lenguaje escrito existiera¹.

La música puede provocar sensaciones de alegría y tristeza, activa procesos fisiológicos y químicos involucrados en sistemas de recompensa de los cuales no somos conscientes, esto indica redes neuronales innatas responsables de la reacción musical^{2,6}. Los bebés perciben desde el nacimiento tono y ritmo de la voz materna, distinguen diferentes escalas y acordes, reaccionan mejor ante acordes consonantes⁶, la mayor parte de los sonidos naturales y el lenguaje se componen de intervalos consonantes^{3,6,8,9,14}. A los 6 meses los bebés pueden percibir cambios específicos en una melodía, al alterar el tiempo o transportándola a otro tono, que ya habían escuchado antes. Entre los 5 a 7 años aparece la habilidad de detectar las estructuras armónicas y tonales. Adultos y lactantes pueden detectar cambios pequeños, menores a un semitono, en el contexto de una escala mayor, pero los lactantes también pueden distinguir estos cambios en cualquier escala que se les presente, por lo tanto se afirma que los bebés son musicalmente universales, están perceptualmente equipados para la música de cualquier cultura¹⁵.

¿Centro musical?

Al analizar la información relacionada con la evolución y en especial teoría del lenguaje, los neurocientíficos plantearon una hipótesis: *¿existe un centro musical en el cerebro del ser humano?*⁵, la cual fue perdiendo fuerza con el paso del tiempo, estudios neuroanatómicos y clínicos en músicos con enfermedades neurológicas, avance tecnológico en resonancia magnética funcional (RMf), genética, y estudios comparativos entre músicos y sujetos no músicos, han demostrado la complejidad cerebral en la creación, interpretación y percepción musical, al localizar áreas musicales en casi toda la corteza cerebral.

Músicos con enfermedades neurológicas

Maurice Ravel, compositor francés, padecía fatiga crónica, insomnio y poco apetito, a los 53 años su escritura cambió y presentó un periodo amnésico durante un concierto al tocar el piano, a los 58 años tenía incoordinación para nadar y su escritura empeoró aún más, un año después presentaba alexia, afasia, agraphia y dificultades para tocar el piano. Preservaba capacidad para reconocer notas, afinación de un instrumento y melodías, pero no podía leer notas o nombrarlas cuando las escuchaba. Los síntomas sugieren que había daño en el lóbulo frontal, región anterior del lóbulo temporal, fibras comisurales y en el sistema dopaminérgico, los diagnósticos varían (entre diferentes tipos de demencia, en especial se ha propuesto síndrome de Pick) pero concuerdan que se trataba de una enfermedad nerodegenerativa^{2,6}. Shebalin fue un compositor ruso, sufrió dos EVC¹¹, el primero fue en 1953, el segundo en 1959 y le provocó afasia de Wernicke⁷, esto no le impidió seguir componiendo, interactuar con sus estudiantes y evaluar sus composiciones^{1,6}. George Gershwin desarrolló un GBM en el lóbulo temporal derecho, presentaba crisis parciales complejas de tipo uncinado, también presentaba períodos de amnesia, vértigo, irritabilidad y confusión por las mañanas. Siguió componiendo después de la aparición de los síntomas¹. La neurosífilis afectó a muchos compositores, entre ellos se encuentra Donizetti, se especula que su habilidad de transmitir psicosis en sus obras proviene de sus propias experiencias con la enfermedad¹. Robert Schumann, fumaba, bebía, y se cree mantenía diversas relaciones sexuales, sufrió de alucinaciones visuales y musicales, períodos depresivos que llegaban a ideas suicidas y períodos de euforia, actualmente se diagnostica como trastorno bipolar y neurosífilis, su actividad como compositor tuvo años muy productivos en especial en sus períodos de alta energía, e inversamente con sus años depresivos¹. Beethoven reconoció pérdida en su capacidad auditiva en 1796, comenzando en el oído izquierdo, en 1801 era

selectiva para altas frecuencias, en 1807 tenía cefalea crónica y en 1814 dificultad para tocar el piano, se presume que sufrió neurosifilis⁸, que todas sus sinfonías las compuso entre 1800 y 1827, después de empezar a perder su capacidad auditiva. Existen en la literatura descripciones de una gran diversidad de músicos con afecciones neurológicas; sin embargo, los anteriores son los más representativos¹.

Localización cortical de la música

La especialización de cada hemisferio cerebral está presente en su forma básica desde que los vertebrados emergieron hace 500 millones de años¹³, y es fundamental para entender ciertas habilidades musicales. La lateralización hemisférica ha mostrado mayor eficiencia a través de los años, el lenguaje nos da un claro ejemplo, en promedio el 96% de las personas con dominancia hemisférica izquierda y el 70% con dominancia derecha, las fases fonológicas y semánticas se encuentran en el hemisferio izquierdo¹⁶ (figura 1) y el hemisferio derecho queda encargado del aspecto melódico del lenguaje.

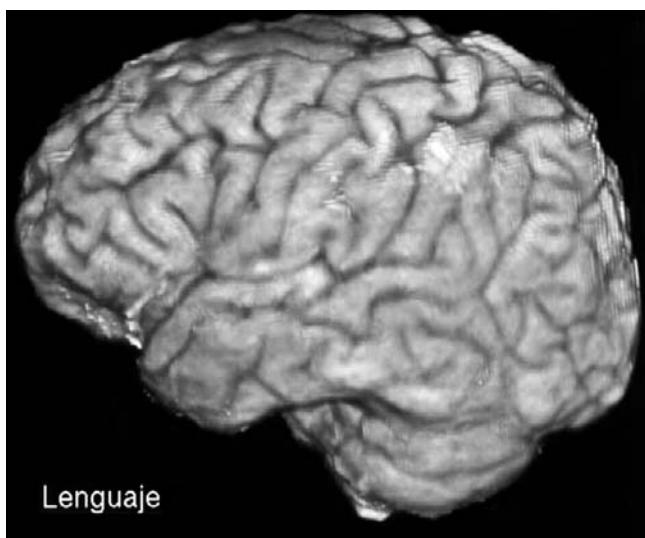


Figura 1. Imagen de RMf del hemisferio izquierdo con paradigma de lenguaje.

En música el mapa de frecuencias y ritmo se encuentra en el lóbulo temporal izquierdo^{6,17}, el análisis armónico y el timbre en el lóbulo temporal derecho^{6,18,19}. Las áreas activas varían con las experiencias y entrenamiento musical de cada individuo⁶. La música presenta una lateralización, una persona sin experiencia percibe la música en su contorno melódico total, igual que con el lenguaje (hemisferio derecho, prosodia), mientras que un profesional la escucha como una relación de elementos y símbolos

musicales (hemisferio izquierdo)^{20,21}.

Cada cerebro es diferente, y su anatomía única para cada individuo, investigaciones en los últimos años han demostrado diferencias neuroanatómicas entre músicos y no músicos, destacando mayor simetría izquierda en músicos. Otra de las mayores diferencias se encuentra en la corteza auditiva y motora, al presentar mayor densidad de tejido neuronal, demostrando que el entrenamiento modifica la estructura cerebral, y la diferencia es proporcionalmente mayor al tiempo de adiestramiento. Se han realizado estudios con ratones y cerdos, a los que se les condiciona con un tono para comer, su corteza auditiva primaria en especial la región que codifica este tono, presenta un aumento de neuronas, volviéndolo más sensible al estímulo. Una vez que el cerebro almacena la importancia de un estímulo, un mayor número de neuronas se dedican al procesamiento de este, esto explica porque podemos reconocer una melodía familiar en un ambiente ruidoso y los pacientes con Alzheimer pueden recordar obras que aprendieron en el pasado⁶.

Peretz y Li, realizaron una serie de experimentos musicales, con una muestra de 65 personas posoperadas de epilepsia del lóbulo temporal derecho y/o izquierdo (figura 2), cada paciente escuchaba dos veces diferentes canciones por un tiempo determinado, y se valoraron 5 aspectos musicales: tonalidad, tiempo, ritmo, forma musical y tonos; encontraron que pacientes con resecciones del temporal izquierdo tenían dificultad para reconocer cambios en la tonalidad, mientras que las resecciones temporales derechas también tenían dificultad para reconocer tonalidad y forma, concluyeron que la musicalidad de una persona reside en mayor proporción en el hemisferio derecho⁵.

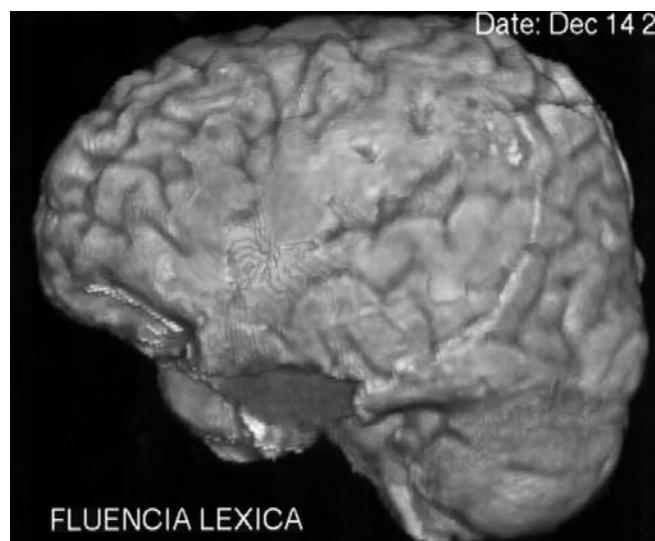


Figura 2. Imagen de RMf, muestra resección del lóbulo temporal izquierdo.

En la corteza motora de la mano existe mayor volumen de tejido cerebral si el músico toca un instrumento que requiera uso de sus manos como el piano, guitarra, entre otros^{3,6}. Estudios de RM han comprobado que un intérprete profesional presenta un aumento de la respuesta cerebral en la corteza auditiva (hasta 25%) a los tonos de su instrumento²², y aumento del 25% a tonos musicales en el hemisferio izquierdo; los músicos presentan un volumen 130% mayor en esta corteza, y en músicos que utilizan sus dos manos para tocar su instrumento, la porción anterior del cuerpo calloso tiene un mayor volumen. Esta activación y crecimiento está relacionada con la edad de inicio del entrenamiento musical, a menor edad mayor activación y densidad neuronal⁶.

Para distinguir si una obra está escrita en tonalidad mayor o menor, se requiere distinguir los intervalos tonales. Se ha propuesto que la disonancia (ej. intervalo de segunda menor, es decir medio tono), es una distorsión creada por la pobre resolución espacial del oído en la membrana basilar para separar tonos. Las disonancias se codifican en el giro temporal superior antes de su interpretación emocional en regiones paralímbicas, región 22 en hemisferio derecho y 41/22 en hemisferio izquierdo, áreas de Brodmann¹⁴. Los músicos al escuchar secuencias polifónicas activan regiones cerebrales involucradas en el proceso cognitivo de sintaxis musical²³.

Los lobulillos parietales superiores son responsables de la atención selectiva al tono y armonía de una pieza musical, como si fuera una partitura mental²⁴. Halpern, encontró que las personas reaccionan a ciertas características melódicas y temporales de la música en forma similar aunque el tono sea imaginado o percibido. La introspección sugiere que el timbre, tono y tempo pueden representarse como imágenes auditivas (*aspectos espectrales de la música*). Para discriminar el timbre se ha encontrado que las estructuras del lóbulo temporal derecho son importantes en este proceso²⁴. La imaginación y percepción comparten características de representación, la imaginación se puede considerar un fenómeno *cuasi-perceptual*. Durante la imaginación de un tono, se activan las áreas de asociación auditivas derechas; el tono es vocalizable, por lo tanto aunque sólo se planee el fenómeno vocalizable, puede existir subvocalización, que evoca mecanismos de imaginación motora que involucran las áreas motoras suplementarias (AMS)^{1,24}. Algunos músicos describen una habilidad a la que le llaman "*imaginación musical*", que pueden reproducir en su cabeza cualquier obra que conozcan, ésta habilidad se ha asociado a la corteza auditiva secundaria y también en algunos casos (pianistas profesionales) se ha observado la activación de la corteza motora primaria correspondiente a la representación de los dedos, y en especial los que "*utiliza el teclado mental*" al escuchar la obra²⁵. Otros estudios utilizando personas sin oído absoluto identificando 4 acor-

des cada uno con una letra, se observó activación de la corteza prefrontal dorsolateral posterior y ventrolateral, la cual está involucrada en el mantenimiento de componentes de memoria y recuperación selectiva de varios eventos codificados para un estímulo²⁶.

La música y lenguaje necesitan de percepción y producción de ritmos. El control del movimiento motor está relacionado y mediado por los ganglios basales, cerebelo y AMS. Siendo el hemisferio izquierdo dominante en el procesamiento del ritmo²⁷. Además, se activa la corteza lateral del cerebelo y vermis en la producción de respuestas motoras provocadas con paradigmas de pulsos en el tiempo y al aprender respuestas motoras temporales nuevas^{28,29}.

Algunos estudios muestran que las personas que se han dedicado en algún momento de su vida a la música tienen puntuaciones más altas en la prueba SAT⁹ y en exámenes de comprensión de lectura¹⁰⁻³⁰, tienen una mejor representación geométrica, mayor habilidad para manipular información de memoria de corto y largo plazo, mayor habilidad para aprender a leer. Y lo más relevante los niños con entrenamiento musical manifiestan mejores habilidades en memoria verbal³¹. El canto en sujetos sin habilidades musicales parece estar controlado por el hemisferio derecho, mientras que en profesionales los lóbulos frontales con predominio hemisférico derecho al parecer modulan el control¹. La regulación de la entonación vocal requiere de la integración de los sistemas motores involucrados en el fenómeno y de retroalimentación auditiva utilizado para monitorear el sonido producido. En estudios de PET se ha demostrado que al entonar una nota se activan la representación motora de la cara, AMS, cíngulo anterior, ínsula, cerebelo, giro temporal superior y lóbulo parietal inferior³². La voz también la utilizamos para reconocer personas, se han identificado regiones en el surco temporal superior que son selectivas a sonidos vocales y se han propuesto varias teorías que postulan semejanzas entre el reconocimiento facial visual y reconocimiento vocal auditivo³³.

Música y emociones

La música en casi todo ser humano, excepto aquellos que padecen de amusia o son sordos, activa sistemas de recompensa similares a la comida, drogas adictivas o al sexo^{6,18,34,35}, el sistema dopaminérgico es el que se ha propuesto, se encuentra implicado en el *placer* de escuchar música, ya que existe aumento del flujo sanguíneo cerebral (FSC) en regiones del estriado ventral, en especial en el núcleo accumbens³⁵. Blood, propone que es una propiedad emergente en la compleja cognición humana, pues la música no es necesaria para sobrevivir o reproducirse, pero puede ser significante para mantener una salud física y mental³⁴. Una emoción está marcada fisiológicamente por

la activación del sistema nervioso simpático, sin control voluntario³⁵. Un estudio realizado con PET a sujetos no músicos cuando escuchaban acordes consonantes y disonantes, mostró que los acordes consonantes activan el área orbitofrontal y región subcallosa del hemisferio derecho; los acordes disonantes activan el giro parahipocámpico ipsilateral y se relacionan con sensaciones desagradables^{16,18,34}. El placer evocado al escuchar música en músicos, está dado por su conocimiento en los subcomponentes musicales y su interrelación con la estructura musical¹. Blood, et al., encontraron que el aumento en la activación de ciertas regiones cerebrales durante emociones negativas, estaba asociado con la disminución de activación de regiones implicadas en emociones positivas¹⁸. Las sensaciones positivas, se facilitan si el espectador cierra los ojos, pero si el estímulo evoca una sensación negativa como miedo, el sujeto tiende a aumentar su atención, como si se preparara para una posible amenaza. Esto es debido a que la amígdala modifica su activación dependiendo del grado de atención. Lerner reportó, activación de la amígdala utilizando un paradigma de música e imagen³⁶.

Krumhansl, demostró que la música con tiempo rápido y en tonalidad mayor creaba reacciones de felicidad, y por el contrario música con tiempo lento y en tonalidad menor generaba tristeza¹². Zatorre, realizó RM en sujetos escuchando patrones de música tonal y atonal; encontró que al escuchar música atonal se activaban áreas en el sistema límbico relacionadas con sensaciones desagradables, al escuchar música tonal se involucraron áreas de sensaciones placenteras^{5,35}. Una posible explicación de éstas respuestas fisiológicas puede ser que los efectos producidos por la música son mediados por circuitos de retroalimentación sensorimotora, como el sistema de neuronas-espejo, que involucran conducta imitativa, relacionando percepción directamente con la acción; éste sistema podría explicar también la respuesta física (movimiento, al bailar)^{3,37}. Se ha encontrado que después de escuchar una obra por cierto tiempo, la frecuencia respiratoria se sincroniza con el *tempo* de la obra³⁵. Bernardi, et al, estudiaron un grupo de músicos comparándolo con otro grupo de sujetos no músicos al escuchar música de diferentes estilos y midieron sus respuestas fisiológicas antes y durante el experimento, la música con tiempo rápido sin importar el estilo elevaba la frecuencia cardiaca, respiratoria y presión arterial. El grupo de músicos presentaba antes del experimento menor frecuencia respiratoria y durante el experimento mostraron mayor elevación²¹. La respuesta emotiva depende del conocimiento y las experiencias previas de cada individuo con el universo musical, pero cuando la música es placentera, sin importar qué persona sea, se activan sistemas de recompensa similares a los estímulos sexuales o la comida³.

Neurotransmisores, genes, cognición y música

La música forma parte de habilidades cognitivas en humanos, éstas habilidades tienen regiones específicas en el cerebro, su interrelación produce composición, análisis, interpretación, creatividad, procesamiento y sensaciones, entre otras, éstas regiones funcionan con la interacción de neurotransmisores y receptores, algunos de éstos han sido asociados a las funciones cognitivas como: hormona arginina vasopresina (AVP) que tiene un importante papel en controlar las funciones mentales superiores como aprendizaje y memoria; el receptor AVP1A media AVP en el cerebro. El transportador de serotonina SLC6A4 se expresa en el cerebro en áreas involucradas en emociones como la corteza y sistema límbico, algunos polimorfismos se han asociado a la memoria musical de corto plazo. El polimorfismo Val158Met de la COMT (enzima con función de degradar dopamina) aumenta su actividad hasta en un 40%, se relaciona con procesos cognitivos basales. El receptor D2 (DRD2) se ha asociado a los niveles de inteligencia, aprendizaje de errores y creatividad, su polimorfismo TAQIA tiene 2 alelos A1 y A2, los sujetos que presentan A1 tienen una presentación reducida de un 30 a 40% de DRD2. El gen TPH1 es responsable de la generación periférica de serotonina, su polimorfismo A779C es asociado con creatividad numérica y de figuras.

Para analizar la asociación de éstas moléculas a la música se estudiaron familias con al menos un representante involucrado en actividades musicales. Se obtuvieron muestras de DNA para obtener la información genética de las moléculas antes mencionadas, ésta información se cruzó con pruebas de aptitud musical (composición, improvisación y arreglos musicales), y se encontró que AVP1A se asocia a la habilidad de estructuración auditiva y habilidad para hacer arreglos. Los músicos tienen puntuaciones altas en exámenes o pruebas de habilidad espacial, que está relacionada con la habilidad de leer y memorizar notas. TPH1 A779 está vinculado a la composición³⁸. Un estudio realizado por Mirsky en 2008, reportó genes asociados con la habilidad musical, estudió a 15 familias finlandesas, valoró la capacidad de detectar cambios de tono y habilidad para mantener el ritmo, las regiones cromosómicas asociadas con la habilidad musical están involucradas en la migración neuronal durante el desarrollo, y éste DNA se superpone a una región asociada a dislexia; estos resultados sugieren que el lenguaje y la música tienen un pasado evolutivo común³⁹.

CONCLUSIONES

El cerebro humano está configurado de manera distinta entre profesionales de la música y no músicos. La

música ha llegado hasta nuestros días como un movimiento artístico que mueve al ser humano desde lo más profundo, cambiando su estado de ánimo y mejorando su rendimiento, entre otros. Hasta ahora ha sido posible un acercamiento al cerebro musical del ser humano debido al avance tecnológico, estudios comparativos con otros vertebrados, análisis de pacientes neurológicos, estudios con músicos y no-músicos, han mostrado la interrelación entre los sistemas cerebrales, genéticos, moleculares, y nos hablan de una estructura musical cerebral compleja, que requiere la participación de múltiples áreas, expresión de ciertos genes, receptores y neurotransmisores, desarrollo de ciertas regiones corticales, aprendizaje, experiencias previas en el universo musical y otras más, para poder percibirla y crearla. Hasta ahora con la poca información a nivel mundial sólo podemos darnos una idea general de cómo funciona nuestro *cerebro musical*, es necesario realizar más estudios en todas las áreas de las neurociencias para describir el sistema musical cerebral de una forma más precisa y así tener un mayor conocimiento de la función cerebral general.

REFERENCIAS

1. Zaidel Dahlia. *Neuropsychology of art. Neurological, cognitive, and evolutionary perspectives*. 1^a Edición. Great Britain. Ed. Psychology Press 2005.
2. Ramos Samuel. *Filosofía de la vida artística*. Editorial Espasa-Calpe Mexicana, 3^a Edición, México 1976, 141. (Colección Austral No. 974).
3. Zatorre Robert and Mc Gill James. *Music food of neuroscience?* Nature 2005;434,17.
4. Bas Julio. *Tratado de la forma musical*. Ricordi Americana, Buenos Aires Argentina.
5. Leutwyler Kristin. *Exploring the musical brain. Music may be even more ancient than the human race, over which it holds tremendous sway. Scientists are beginning to find out why*. Scientific American. January 22, 2001 (Digital).
6. Weinberger Norman. *Music and the brain*. Scientific American Special Ed. *Secrets of senses* 2006;16(3).
11. Ball Philip. *Facing the music*. Nature 2008;453,160-2.
7. Jay Gould Stephen. *The Evolution of Life on Earth*. Scientific American Special. Edition 1994, 84-91.
8. McDermott Josh. *The evolution of music*. Nature, 2008; 453: 287-8.
9. Hauser Marc and McDermott Josh. *The evolution of the music faculty: a comparative perspective*. Nature Neuroscience, Vol. 6, No. 7, July 2003.
11. Estévao Paulo and Bhattacharya Joydeep. *Brain tuned to music*. Journal of the Royal Society of Music. Vol. 96, june 2003.
12. Whitfield, John. *Paging Dr. Doolittle. The "language" gene FOXP2 proves critical for animals vocalizations*. Scientific American News Scan 2008;298(1):13-4.
13. Macneilage Peter, Rogers Lesley, Vallortigara Giorgio. *Origins of the left and right brain*. Scientific American 2009;301:1.
14. Peretz Isabelle, Bood Anne, Penhune Virginia, Zatorre Robert. *Cortical deafness to dissonance*. Brain 2001;124:928-40.
15. Trehub Sandra. *The developmental origins of musicality*. Nature Neuroscience 2003;6:7.
16. Johnsrude Ingrid, Zatorre Robert, Milner Brenda and Evans Alan. *Left-hemisphere specialization for the processing of acoustic transients*. Neuroreport 1997;8:1761-5.
17. Chen Joyce, Zatorre Robert, Penhune Virginia. *Interactions between auditory and dorsal premotor cortex during synchronization to musical rhythms*. NeuroImage 2006;1771-81.
18. Blood Anne, Zatorre Robert, Bermudez Patrick and Evans Alan. *Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic regions*. Nature Neuroscience 1999;2: 4.
19. Hyde Krysta, Peretz Isabelle and Zatorre Robert. *Evidence for the role of the right auditory cortex in fine pitch resolution*. Neuropsychologia XXX (2007) XXX-XXX
20. Afifi Adel K, Bergman Ronald A. *Neuroanatomía funcional*, Editorial McGraw Hill Interamericana, 2^a Edición, México D.F. 2006:250.
21. Bernardi L, Porta C, Sleight P. *Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music I musicians and non-musicians: the importance of silence*. Heart 2006; 92: 445-52.
22. Arias Manuel. *Música y neurología*. Neurología 2007;22(1):39-45.
23. Koelsch Stefan and Sammler Daniela. *Cognitive Components of Regularity Processing in the Auditory Domain*. PLoS One. 3(7): e2650, July 2008.
24. Halpern Andrea, Zatorre Robert, Bouffard Marc, Johnson Jennifer. *Behavioral and neural correlates of perceived and imagined musical timbre*. Neuropsychologia 42 (2004) 1281-1292.
25. Zatorre Robert and Halpern Andrea. *Mental Concert: Musical imagery and auditory cortex*. Neuron, Vol. 47, pp. 9-12, July 2005.
26. Bermudez Patrick and Zatorre Robert. *Conditional Associative Memory for Musical Stimuli in Nonmusician: Implications for Absolute Pitch*. The Journal of Neuroscience 2005;24:25(34):7718-23.
27. Zatorre Robert, Evans Alan, Meyer Ernst and Gjedde Albert. *Lateralization of phonetic and pitch discriminating in speech processing*. Science, Vol. 256, May 1992.
28. Penhune V. B., Zatorre R. and Evans A. *Cerebellar Contributions to motor timing: a PET study of auditory and visual rhythm reproduction*. Journal of Cognitive Neuroscience 10:6, 752-765, 1998.
29. Koelsch Stefan, Gunter Thomas, Cramon D. Yves, Zysset Stefan, Lohmann Gabriele and Friederici Angela. *Bach speaks: a cortical "language-network" serves the proceeding of music*. NeuroImage 2002; 17, 956-66.
30. Swaminathan Nikhil. *Fact or fiction?: Babies Exposed to Classical Music End Up Smarter*. Scientific American Fact or Fiction - September 13, 2007(Digital)
31. Graham Sarah. *Musical Training Aids Memory*. Scientific American, July 28, 2003 (Digital)
32. Zarate Jean and Zatorre Robert. *Experience-dependent neural substrates involved in vocal pitch regulation during singing*. NeuroImage xx (2008) xxx-xxx.
33. Belin Pascal, Zatorre Robert, Ahad Pierre. *Human temporal-lobe response to vocal sounds*. Cognitive Brain Research 2002;13:17-26.
34. Blood Anne, Zatorre Robert. *Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion*. PNAS, Vol. 98, No 20, September 2001.
35. Salimpour Valorie, Benovoy Mitchel, Longo Gregory, Cooperstock Jeremy and Zatorre Robert. *The rewarding aspects of music listening are related to degree of emotional arousal*. PLoS ONE, Vol. 4, No. 10, e7487, October 2009.
36. Lerner Yulia, Papo David, Zhdanov, Belozersky Libi and Hendler Talma. *Eyes wide shut: amygdala mediates eyes-closed effect on emotional experience with music*. PLoS ONE, Vol. 4, No. 7, July 2009.
37. Molnar-Szakacs Istvan, Overy Katie. *Music and mirror neurons: from motion to 'e'motion*. SCAN (2006) 1, 235-41.
38. Ukkola Liisa, Onkamo Päivi, Raijas Pirre, Karma Kai and Järvela

Irma. *Musical Aptitude is Associated with AVPR1A-Haplotypes.* PLoS ONE, vol 4, No 5, May 2009.

39. Mirsky Steve. *Musical Ability Connected to Genes.* Scien Ame, June 30, 2008, (Digital).



El Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía
Manuel Velasco Suárez

invita al curso

Neurología básica para el médico general

Del 16 al 18 noviembre 2011

Informes:

Dirección de Enseñanza
Dept. de Publicaciones Científicas
Insurgentes Sur 3877
Col. La Fama
14269 México, D.F.
Tel. (55) 5606.3822 ext. 3009
arcneuro@hotmail.com
www.innn.salud.gob.mx

Auditorio del Instituto