

Efectos de la música sobre las funciones cognitivas.

Effects of music on cognitive functions.

Nilton Custodio ^{1,2,a,b,c}, **María Cano-Campos** ^{3,4,5,d,e,f}

RESUMEN

La música es un tipo de lenguaje encaminado a comunicar, evocar y reforzar diversas emociones. El procesamiento de la música es independiente del correspondiente al sistema del habla personal. El uso de circuitos independientes hace que uno pueda estar gravemente afectado en tanto que el otro puede hallarse totalmente indemne. El procesamiento de la música tiene lugar mediante canales separados por un sistema multimodal para los elementos temporales (ritmo), melódicos (tono, timbre, melodía), memoria y respuesta emocional. El cerebro entrenado musicalmente experimenta particulares cambios en su anatomía y funcionalidad. Los efectos de la exposición a la música de Mozart (Efecto Mozart), cuando ocurren, son transitorios y se restringen a una habilidad específica (visuo-espacial); por lo tanto, no están asociados con variaciones en funciones relacionadas con la inteligencia.

PALABRAS CLAVE: Cognición, emoción, inteligencia, música, neurociencias.

SUMMARY

Music is a type of language aimed at communicating, evoking and reinforcing different emotions. The processing of music is independent from that of the spoken language or personal speech, each using independent circuits, one of which may be severely affected while the other remaining totally unaffected. The processing of music occurs through channels separated by a multimodal system for temporal elements (rhythm), melodic (tone, timbre, melody), memory and emotional response. The musically trained brain experiences particular changes in its anatomy and functionality. The effects of exposure to Mozart's music (Mozart Effect), when present, are transient and restricted to a specific (visuo-spatial) ability; therefore, they have no association with variations in intelligence-related functions.

KEYWORDS: Cognition, emotion, intelligence, music, neurosciences.

¹ Unidad de Diagnóstico de Deterioro Cognitivo y Prevención de Demencia, Instituto Peruano de Neurociencias. Lima, Perú.

² Servicio de Neurología, Instituto Peruano de Neurociencias. Lima, Perú.

³ Escuela de oficiales de la Fuerza Aérea del Perú. Lima, Perú.

⁴ Facultad de ingeniería, Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

⁵ Facultad de Educación, Universidad Peruana Los Andes. Lima, Perú.

^a Médico Neurólogo; ^b Magister en Neurociencias; ^c Magister en Medicina

^d Docente; ^e Licenciada en Educación; ^f Magister en proyectos de inversión

INTRODUCCIÓN

Los seres vivos utilizan medios de comunicación distintos, uno de ellos es la música; y los hombres así como los animales usan la música como una herramienta de comunicación, de tal manera que los sonidos son el lenguaje común para todo el que tenga un sistema auditivo (receptor o pabellón auricular) que conduzca las ondas sonoras a otro sistema transductor (la cóclea) para que, en el siguiente relevo, adquieran un significado (1).

Los recién nacidos sólo tienen respuestas límbicas a la música (perciben tono y ritmo de la voz materna, distinguen diferentes escalas y acordes), y a partir de 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. El niño alrededor de los 3 años, está principalmente ocupado con materiales que percibe. Reconoce y explora contrastes claros en los niveles de intensidad, timbre, altura, duración o textura y siente placer por el sonido en sí mismo. Alrededor de los 4 años, ya es capaz de identificar los sonidos vocales e instrumentales, tales como los tipos de instrumento, tratando de controlar los sonidos para producir efectos o demostrar el placer de dominar una actividad que puede llevar a cabo con ideas sugeridas por la estructura física de los instrumentos. Recién entre los 5 a 7 años aparece la habilidad de detectar las estructuras armónicas y tonales (2). Mientras que en los adultos, una de las principales motivaciones para acercarse a ella es la relación que tiene con las emociones y los estados de ánimo y, aunque se sigue debatiendo, hay evidencia de que la música puede provocar cambios en los componentes de las emociones (sensaciones subjetivas, cambios en el sistema nervioso autónomo y endocrino, expresiones motoras como sonrisas) y tendencias en la actividad, como bailar, cantar, aplaudir o tocar un instrumento (3).

De hecho, en el cerebro hay zonas que procesan diversos componentes de la música, tales como el tono, la vibración, la armonía; mientras que el cerebelo parece encargarse del ritmo. La hipótesis del centro musical en el cerebro humano ha ido perdiendo fuerza con el paso del tiempo; pues los estudios neuro-anatómicos y clínicos en músicos con enfermedades neurológicas, el avance tecnológico en resonancia magnética funcional (RMf), genética, y estudios comparativos entre músicos e individuos no músicos, han demostrado la complejidad cerebral en la creación, interpretación y percepción musical, al localizar áreas musicales en

casi toda la corteza cerebral (4). De esta manera, el poder de la música sobre el ser humano es evidente, aun para los nada musicales o escaso conocedores del tema. Y tienen razón quienes plantean que la vida sin música es simplemente inimaginable, y quienes plantean una paradoja sobre el papel de la música en nuestra especie. Pues, desde la biología, la música parece no tener mayores consecuencias, es decir, si desapareciera, nuestro estilo de vida permanecería prácticamente inalterado. Sin embargo, hay evidencia de que el ser humano posee un instinto musical parecido al del lenguaje, y la medicina puede obtener algunas ventajas de la música (3,4). En ese sentido, existen diversas evidencias de la influencia positiva de la música como opción terapéutica complementaria en diversas enfermedades como hipertensión arterial, infarto al miocardio, y la mejora en el tiempo de sueño de los bebés en las salas de cuidados intensivos; pero a la vez, existen dudas del efecto de la música sobre las funciones cognitivas y la mejoría en las pruebas de inteligencia (1,3,4). En el presente artículo revisaremos aspectos neurobiológicos de la música desde el sistema del lenguaje, del sistema de memoria y desde el sistema afectivo-emotivo, analizaremos evidencias de cambios biológicos tras el entrenamiento musical y discutiremos los efectos de la música sobre las funciones cognitivas, con particular énfasis en el supuesto efecto Mozart.

Neuroanatomía de la música

El circuito acústico primario consta del nervio auditivo, tronco cerebral, tálamo (principalmente el cuerpo geniculado medial) y corteza auditiva. Luego que la música llega a la cóclea en el oído interno, la información se desplaza por el nervio auditivo a través del mesencéfalo, para hacer sinapsis en el núcleo coclear, de donde se dirige hacia el cuerpo geniculado medial o tálamo auditivo (5), sin embargo, debemos recordar que se producen algunas proyecciones auditivas funcionales desde el tálamo auditivo hacia la amígdala y la corteza orbito-frontal medial, que explicarían el procesamiento emocional de la música (1,5). Existen muchas áreas auditivas dentro del córtex cerebral. La corteza auditiva primaria está localizada en el giro transversal de Heschl en la fisura lateral, no obstante, una pequeña parte se extiende hacia la superficie lateral del lóbulo temporal. La corteza auditiva primaria está tonotópicamente organizada: diferentes partes de esta área cerebral pueden ser activadas por sonidos de diferentes tonos. Además de la corteza auditiva primaria, otras áreas cerebrales están comprometidas en el procesamiento del sonido,

e incluyen a la corteza auditiva secundaria, área auditiva posterior y el área auditiva anterior. La corteza auditiva en su totalidad lleva a cabo el análisis perceptual de la música, extrayendo información más específica acerca de sus características acústicas como tono, timbre, intensidad y textura (1,4,5). En este sentido, la música es procesada mediante un sistema modular y distintas áreas del cerebro se encargan de procesar sus distintos componentes (figura 1). Cuando escuchamos una canción, primero se realiza un análisis acústico a partir del cual cada uno de los módulos se encargará de unos componentes: la letra de la canción será analizada por el sistema de procesamiento del lenguaje y el componente musical será analizado por dos subsistemas: organización temporal (analizamos el ritmo y el compás) y organización del tono (el análisis del contorno y los intervalos nos llevan a codificar el tono). El sistema léxico musical es el almacén donde se guarda toda la información musical que vamos recibiendo a lo largo de nuestra vida, y es

el que nos facilita el reconocimiento de una canción. Si lo que queremos es ponernos a cantar dicha canción, nuestro léxico musical se conecta y activa con el plano fonológico, de manera que formen una planificación vocal que nos llevará al canto. Por otro lado, la experiencia de que la canción nos recuerde, por ejemplo, a un viaje realizado se activaría la ‘memoria asociativa’, también relacionada con el léxico musical (4).

La música como sistema del lenguaje

La música, como el lenguaje, es fundamentalmente sintáctica y está formada por diversos elementos organizados jerárquicamente (tonos, intervalos y acordes). Las evidencias científicas muestran que música y el lenguaje tienen representaciones corticales diferentes y, además, se pueden ver alteradas de manera independiente. Sin embargo, si nos centramos en el procesamiento sintáctico musical, vemos cómo

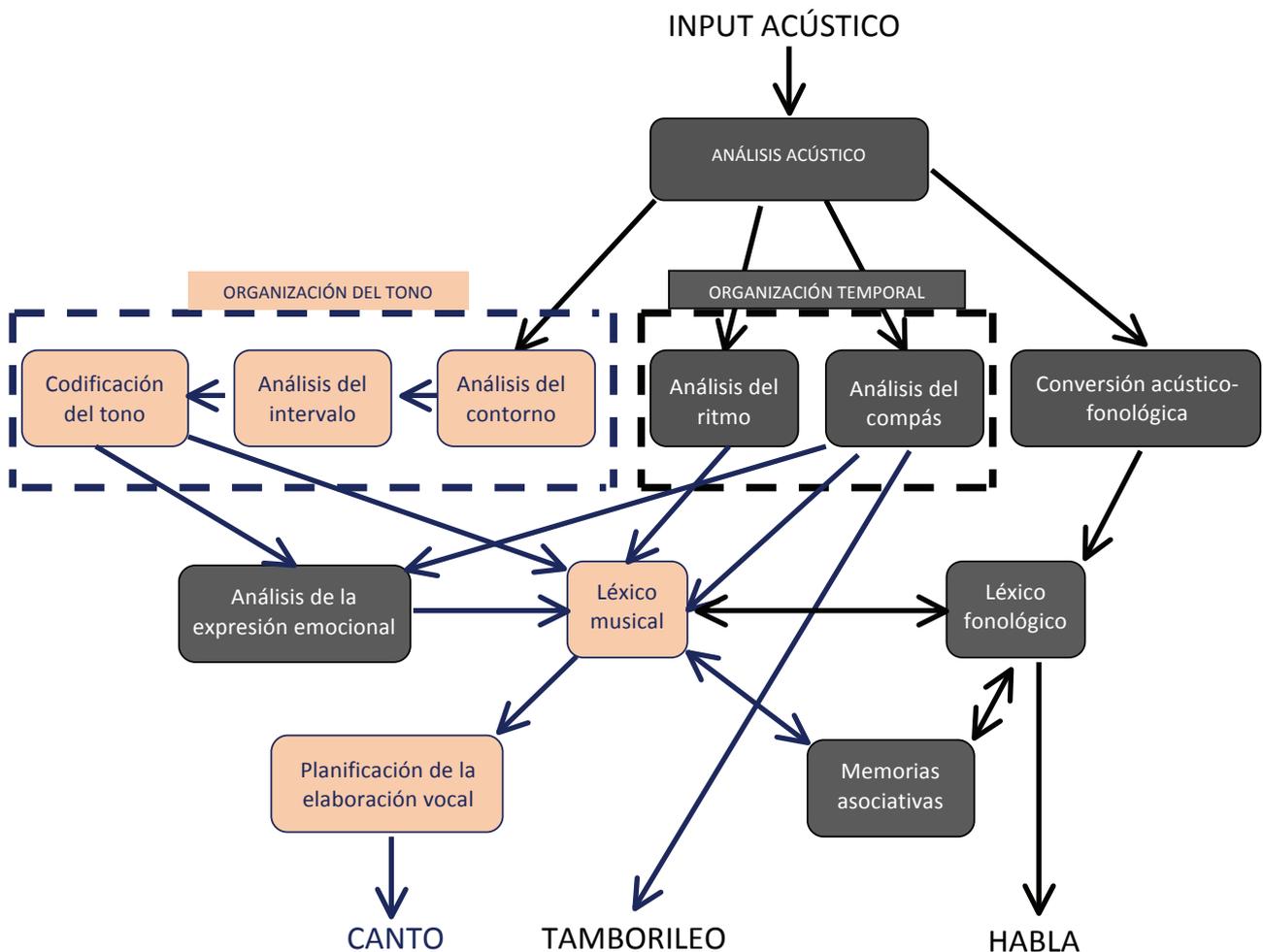


Figura 1. Modelo de procesamiento modular de la música (4).

se activa el área de Broca y su homóloga derecha (1,4). Por otro lado, el mapa musical de frecuencias y ritmo se encuentra en el lóbulo temporal izquierdo, el análisis armónico y el timbre en el lóbulo temporal derecho. Las áreas activas varían con las experiencias y entrenamiento musical de cada individuo. De esta manera, la música presenta una lateralización, pues una persona sin experiencia percibe la música en su contorno melódico total, igual que con el lenguaje (hemisferio derecho, *prosodia*), mientras que un individuo profesional de la música, la escucha como una relación de elementos y símbolos musicales (hemisferio izquierdo) (4,5). En ese sentido, cada cerebro es diferente, y su anatomía única para cada individuo, como lo demuestran las diferencias neuro-anatómicas entre músicos y no músicos, destacando mayor asimetría izquierda en músicos (1). Otra de las mayores diferencias se encuentra en la corteza auditiva y motora, pues se ha encontrado en dichas áreas, mayor densidad de tejido neuronal, demostrando que el entrenamiento modifica la estructura cerebral, y la diferencia es proporcionalmente mayor al tiempo de adiestramiento. En estudios con animales a quienes se les condiciona con un tono para comer, la corteza auditiva primaria en especial la región que codifica éste tono, presenta un incremento en la densidad de neuronas, tornándolo 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 éste, lo que explicaría porque podemos reconocer una melodía familiar en un ambiente ruidoso (1,3), y porque los pacientes con enfermedad de Alzheimer pueden recordar melodías de obras que aprendieron o escucharon en el pasado (4). Un experimento en 65 personas pos-operadas de epilepsia del lóbulo temporal derecho y/o izquierdo, en el que cada paciente escuchaba dos veces diferentes canciones por un tiempo determinado, y en el que se valoraron 5 aspectos musicales: tonalidad, tiempo, ritmo, forma musical y tonos; encontró que pacientes con resecciones del lóbulo temporal izquierdo tenían dificultad para reconocer cambios en la tonalidad, mientras que las resecciones temporales derechas también tenían dificultad para reconocer tonalidad y forma, concluyendo que la musicalidad de una persona reside en mayor proporción en el hemisferio derecho (6).

La música como sistema de memoria

El aprendizaje de un instrumento, o de una nueva pieza musical, implica el plano consciente de la persona que la está realizando, pero con dedicación

y tiempo la ejecución puede llegar a automatizarse. La repetición, el ensayo, el ritmo y la secuenciación son esenciales, pero para aprender una nueva pieza musical los músicos utilizan diversas técnicas auditivas, cinestésicas y visuales, junto con las reglas de la música, además del sentimiento y la intencionalidad (1,4). Una vez aprendida e incorporada al repertorio, una pieza musical puede interpretarse automáticamente (1). Estudios con neuro-imágenes han permitido observar que el surco temporal superior derecho e izquierdo, el planum temporale, el área motora suplementaria (AMS) y el giro ínfero-frontal izquierdo son áreas implicadas en el reconocimiento de melodías familiares, siendo el área crucial el surco temporal superior derecho (7).

Los lóbulos parietales superiores son responsables de la atención selectiva al tono y armonía de una pieza musical, como si fuera una partitura mental. Andrea Halpern de la universidad de Bucknell, encontró que las personas reaccionan a ciertas características melódicas y temporales de la música en forma similar aunque el tono sea imaginado o percibido. De esta manera, la introspección sugiere que el timbre, tono y tiempo 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 proceso (8). Por otro lado 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 planea el fenómeno vocalizable, puede existir sub-vocalización, que evoca mecanismos de imaginación motora que involucran las AMSs (1,4,8).

Finalmente, tanto 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; pero es el hemisferio izquierdo dominante fundamental para el procesamiento del ritmo. Además, se ha demostrado activación de 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 (1,4). Desde 1991 es conocido que las personas que se han dedicado en algún momento de su vida a la música rinden mejor en pruebas de memoria auditiva de corto plazo y en exámenes de comprensión de lectura (9), tienen una mejor representación geométrica, mayor habilidad

para manipular información de memoria de corto y largo plazo, mayor habilidad para aprender a leer; pero lo más interesante es que los niños con entrenamiento musical manifiestan mejores habilidades en memoria verbal (4).

La música y el sistema afectivo-emotivo

La música tiene la capacidad de provocar en todos nosotros respuestas emocionales. Las emociones pueden ser positivas o negativas y con distinta intensidad. Las emociones positivas inducen conductas de cercanía y las negativas, conductas de retirada. Ambas respuestas están mediadas por el córtex prefrontal ventro-medial (derecho para la aproximación e izquierdo para la retirada). La música comunica información emocional; no obstante, sí observamos las respuestas fisiológicas ante las emociones y las respuestas emocionales que provoca la música, ésta induce cambios fisiológicos en nosotros como cualquier otro estímulo emocional (1,2). De esta manera, la música, excepto en aquellos que padecen de amusia o son sordos, activa sistemas de recompensa similares a las producidas con la comida, con drogas adictivas o con el sexo; y es el sistema dopaminérgico el que se ha propuesto, como implicado en el placer de escuchar música, ya que existe un incremento del flujo sanguíneo cerebral (FSC) en regiones del estriado ventral, en especial en el núcleo *accumbens* (10). Uno de los estudios más antiguos realizado con tomografía por emisión de positrones (PET por sus siglas en inglés de positron emission tomography) 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; mientras que los acordes disonantes activaron el giro para hipocámpico ipsilateral y fueron relacionados con sensaciones desagradables (11). Por otro lado, el placer evocado al escuchar música en músicos, está dado por su conocimiento en los subcomponentes musicales y su interrelación con la estructura musical. Los mismos investigadores 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 positivas (11). 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 (1,4). Los mismos investigadores realizando IRMf

en sujetos escuchando patrones de música tonal y atonal; encontraron que al escuchar música atonal se activaban áreas en el sistema límbico relacionadas con sensaciones desagradables, y al escuchar música tonal se involucraron áreas de sensaciones placenteras (12). Una posible explicación de estas respuestas fisiológicas puede ser que los efectos producidos por la música son medidos por circuitos de retroalimentación sensorio-motora, similar al que se produce con el sistema de neuronas-espejo, que involucran conducta imitativa, relacionando percepción directamente con la acción (4). Además se ha demostrado que la música produce algunos cambios en parámetros vitales. Así, después de escuchar una obra por cierto tiempo, la frecuencia respiratoria se sincroniza con el tiempo musical de la obra y los músicos comparados con individuos no músicos al escuchar música de diferentes estilos, muchos de ellos elevaban la frecuencia cardíaca, respiratoria y presión arterial (13). 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 comida (1,4).

Evidencias de cambios biológicos tras el entrenamiento musical

La corteza cerebral tiene la marcada capacidad para reorganizarse según sus necesidades, y el efecto que produce la música en él es notable en la reorganización cortical en personas invidentes con habilidades auditivas más desarrolladas, pues la privación de una de las áreas sensoriales como la visión puede incrementar las habilidades en otras modalidades, hecho ya demostrado en un estudio realizado con PET donde se pudo observar que personas invidentes tenían una mayor expansión del territorio auditivo en la corteza cerebral ya que en tareas de localización de sonidos, además se activaron áreas visuales (4). Por otro lado, el acto de ejecutar una producción musical implica que el cerebro se active para leer una partitura, realizar movimientos específicos, mantener activa la memoria y la atención, identificar los tonos y controlar la afinación e incluso improvisar. Se ha demostrado diferencias en el cuerpo calloso de los músicos profesionales, evidenciado al comparar personas con estudios musicales con personas que no eran músicos y encontraron que la mitad anterior del cuerpo calloso era significativamente mayor en los músicos, en especial en aquellos que iniciaron sus estudios musicales a edades tempranas (antes de los 7 años), con un cerebro en vías de desarrollo.

Estas diferencias en el tamaño del cuerpo calloso fueron relacionadas con un mayor número de fibras o fibras con mayor mielinización, y es posible que el mayor tamaño del cuerpo calloso de los músicos permita una mayor velocidad de transferencia entre ambos hemisferios (14). En otro estudio, en el que se valoraba si había diferencias en el cerebelo del músico, se comprobó que los músicos tienen un mayor volumen, efecto sólo observado en hombres. Los autores atribuyen este hecho a diversas posibles causas: el cerebelo de las mujeres alcanza su nivel máximo de desarrollo mucho antes que el cerebelo del hombre, el cerebelo de las mujeres ya es de por sí de mayor tamaño que el de los hombres, con lo que es posible que se produzca un 'efecto techo'. Además de estos dos hallazgos, los autores también observaron que el mayor tamaño del cerebelo era dependiente de la intensidad del entrenamiento musical (horas al día a lo largo de toda la vida), así como de haber iniciado antes de los 7 años el entrenamiento musical (15). De la misma manera, un estudio longitudinal en el cual se examinaron los efectos del entrenamiento musical en niños de entre 5 y 7 años, para comprobar si las diferencias cerebrales halladas en los adultos existían antes de empezar el entrenamiento, no se encontraron diferencias significativas. Al inicio del estudio encontraron que no había ningún tipo de diferencias, ni en los aspectos cognitivos ni en lo motor ni en estructuras cerebrales. Por tanto, los niños que escogieron tocar un instrumento no tenían ninguna peculiaridad cerebral, lo cual permitió suponer que las diferencias en el cerebro del músico adulto vienen dadas por el entrenamiento musical antes que por marcadores biológicos pre-existentes. Catorce meses después de empezar el entrenamiento, se hallaron diversos cambios significativos. Los niños que empezaron a tocar un instrumento, comparados con los que no recibían entrenamiento musical, tenían mejores rendimientos en tareas de control motor fino y discriminación auditiva. Respecto a las neuro-imágenes, se observaron diferencias no significativas, en el volumen de la sustancia gris, el cual estuvo incrementado en el grupo de niños entrenados musicalmente (16). Cuando se comparó un grupo de niños de 9 a 11 años de edad, que tocaba un instrumento durante una media de cuatro años, con un grupo de niños de la misma edad que no recibía ningún tipo de entrenamiento musical, los niños entrenados musicalmente aumentaron significativamente el volumen de sustancia gris, no sólo en corteza sensorio-motora, sino también en el lóbulo occipital bilateral. Así, tras cuatro años de práctica musical las diferencias son mayores, no obstante, debemos tener

en cuenta que esta última investigación recoge datos transversales (17). Posteriormente, por primera vez otro estudio consiguió demostrar que se realizaron cambios estructurales en el cerebro de niños tras 15 meses de entrenamiento musical (18). Los dos grupos de niños eran similares, excepto por el hecho de que un grupo recibió entrenamiento musical y el otro no (únicamente, clase de música semanal que recibían en el colegio). En la primera parte del estudio, los niños fueron sometidos a pruebas cognitivas estandarizadas e IRM cerebral. Tras 15 meses, se repitió el mismo protocolo. Al final del estudio, se encontró que los niños entrenados musicalmente habían mejorado en la tarea de control motor y en las tareas melódico-rítmicas. Además, se evidenciaron cambios en ciertas áreas cerebrales, como mayor volumen en el giro pre-central derecho, en el cuerpo calloso y en el área auditiva primaria derecha, datos similares con los obtenidos en estudios que comparan a adultos músicos con adultos no músicos. Asimismo, estos resultados correlacionan con las pruebas cognitivas, ya que mejoraban en control motor (giro precentral derecho y cuerpo calloso) y en tareas melódico-rítmicas (área auditiva primaria derecha). Se observó además otras diferencias significativas en áreas frontales, en el peri-cingulado posterior izquierdo y en la región occipital medial izquierda. Los autores atribuyen estos cambios a que pueden ser áreas encargadas de la integración sensorio-motora multimodal implicadas en el aprendizaje de un instrumento musical (18,19).

El "efecto Mozart" y las funciones cognitivas

Se conoce desde el siglo pasado que la música podría ayudar a la salud mental y el manejo complementario de algunas enfermedades como hipertensión arterial, ansiedad y demencia (20,21). Así también muestra algunos beneficios en pacientes que sufrieron un ictus cerebral, cuando fueron sometidos a escuchar su música favorita por 2 meses continuos, mostraron mejoras significativas hasta seis meses después del ictus, en los rendimientos en las pruebas de memoria verbal y atención sostenida, comparado con el grupo control (22). Y su influencia sobre la calidad del sueño en adolescentes ha sido ya demostrada en 94 estudiantes universitarios con diversas quejas de sueño. Ellos fueron seleccionados aleatoriamente para escuchar música clásica relajante (incluyendo algunas piezas románticas) durante 45 minutos cada noche al momento de ir a dormir por tres semanas consecutivas, o para escuchar historias cortas de escritores locales durante 45 minutos cada noche al momento de ir a dormir por tres semanas consecutivas o ninguna

intervención en el mismo tiempo. Los resultados del estudio demostraron mejoría significativa en calidad de sueño y síntomas depresivos en el grupo que escuchó música regularmente (23). Respecto a epilepsia, se ha demostrado que la escucha regular de Mozart K.448 disminuye las descargas epileptiformes y frecuencia de crisis en pacientes con epilepsia refractaria, y disminuye la tasa de recurrencia después de la primera crisis no provocada en pacientes pediátricos (24).

Sin embargo, el rol de la música en la mejoría de las funciones intelectuales no tiene evidencias sólidas. Rauscher y colaboradores fueron los primeros en reportar que una breve exposición a la sonata de Mozart para 2 pianos en D mayor, K 448 (Mozart K.448) produce un incremento transitorio en los puntajes de razonamiento espacial, el llamado “efecto Mozart” (25). En el estudio realizado en estudiantes universitarios consistió en exponer a tres grupos de estudiantes, durante 10 minutos, a la escucha de música minimalista, una sonata de Mozart, y al tercer grupo, sólo silencio. Los sujetos de estudio fueron sometidos a pruebas de habilidades cognitivas, que se repitieron una vez terminado el período de escucha. Se encontró que el grupo correspondiente a la sonata de Mozart obtuvo un mejor resultado en las pruebas de habilidades visuo-espaciales. Los investigadores tomaron la puntuación más alta en estas habilidades y la sumaron a la calificación en las pruebas generales de habilidades cognitivas, con lo que se obtuvo un incremento en la puntuación del coeficiente intelectual en aproximadamente 8 puntos (25).

Sin embargo, la permanencia de esa habilidad superior en ese grupo de estudiantes no se mantuvo en el tiempo. La replicación de los estudios (26) no produjeron los mismos efectos comunicados por Rauscher y colaboradores, lo que dio origen al cuestionamiento del llamado efecto Mozart y a una serie de interrogantes alrededor del porqué de la mejoría de una habilidad temporo-espacial secundaria a una estimulación musical. Los defensores de la efectividad de la escucha de Mozart como un factor importante en el mejor desempeño en el razonamiento espacial, han publicado los resultados de sus estudios de imágenes funcionales (27). Estos últimos demuestran la activación de zonas de la corteza frontal y occipital y del cerebelo con el estímulo musical de Mozart. Estas áreas están implicadas en el procesamiento espacio-temporal (27). El número de investigaciones ha permitido la realización de revisiones por meta-análisis en los cuales no ha sido posible hacer comparaciones de los resultados, dado que no se tuvo en cuenta el estado de ánimo de los sujetos y las cualidades propias

de la música que se escuchó. Es el caso del estudio realizado por Thompson y Schellenberg, quienes, mediante el empleo de música de Mozart y de Albinoni y del silencio, encontraron que los efectos producidos en los sujetos de investigación podían deberse a los estados de ánimo generados por cada una de las piezas musicales, que fueron calificadas por los oyentes como alegre la primera y lenta y triste la segunda (26). El análisis de las diferentes pruebas utilizadas para comparar el efecto Mozart con otras situaciones (sentarse en silencio, oír historias, oír música de relajación), demuestran que la posible explicación proviene del hecho de que la música desencadena un mayor estado de alerta y una mejor actitud afectiva en el individuo. Para el profesor Jhon Hughes de la universidad de Illinois, el beneficio de la música de Mozart se debe al efecto de la periodicidad a largo plazo (aunque también se observa en la música de Johann Sebastián y su hijo Johann Christian Bach). Además al analizar la línea melódica, se encuentra que Mozart repite su línea más frecuente que otros compositores, pero lo hace de manera más ingeniosa revirtiendo las notas. Piensa que la periodicidad es la clave del efecto de la música (28).

Por otro lado, si el entrenamiento musical tiene beneficios colaterales no-musicales aún es motivo de controversia. Algunos estudios muestran una clara asociación entre entrenamiento musical y habilidades cognitivas como lenguaje, vocabulario, coeficiente de inteligencia (CI) y rendimiento académico. El profesor Schellenberg de la universidad de Toronto asignó en forma aleatorizada a 144 niños de 6 años de edad a dos grupos, uno para aprender regularmente lecciones de música (grupo de casos) y el otro para aprender lecciones de teatro o ninguna actividad (grupo control) durante 36 semanas y el CI fue medido antes y después de las actividades. Comparado con los niños del grupo control, los niños que aprendían música mostraron mayores incrementos en el CI global. Los efectos fueron relativamente pequeños, excepto en la medición estandarizada de logros académicos. Inesperadamente, los niños que aprendieron teatro exhibieron una mejoría sustancial en las pruebas de conductas sociales adaptativas (29). La interpretación de estos hallazgos puede decirnos que los niños entrenados musicalmente tienden a ser mejores estudiantes, pero no podemos decir que la música tiene un efecto causal sobre el CI y otras habilidades cognitivas; pues los estudiantes graduados en música no tienen CI más altos que los graduados en otras profesiones.

Se ha planteado que existe una relación

bidireccional entre las habilidades musicales y las matemáticas. Vaughn reportó una débil asociación entre estudiantes de escuela secundaria que se dedicaban regularmente a lecciones de música y su rendimiento en las actividades relacionadas con matemáticas, pero no se especifica el tipo de aprendizaje y las áreas de matemáticas evaluadas (30). Otros estudios han fallado para demostrar ventajas de los estudiantes con habilidades musicales respecto a los patrones de reconocimiento, velocidad de procesamiento y tareas de flexibilidad cognitiva (31). En otro estudio realizado en la universidad de California, se evaluaron niños de entre 3 y 6 años de edad en un experimento que duró alrededor de 3 años para saber si era o no cierto que a través de la música se podía lograr un mejor desarrollo intelectual. El estudio consistió en separar dos grupos de niños y a cada uno de ellos se les asignaba igual número de materias con la diferencia que a un grupo se le asignaba más números de horas en el área de matemáticas y al otro grupo más horas en la parte artística, en este caso música. Al final del estudio, los alumnos que recibieron más horas de clase de matemáticas y menos de arte, rindieron menos que el grupo con más horas de clases de arte. Esto podría llegar a concluir superficialmente que la enseñanza del arte dentro del programa educativo es fundamental, ya que en esas horas de clases los niños se desarrollan mejor tanto afectiva como intelectualmente. Mientras que, por otro lado, los alumnos que recibían varias horas de clases de matemáticas terminaban extenuados y su rendimiento era menor que el de sus otros compañeros (32). A pesar de la presunción popular de una estrecha relación entre entrenamiento musical y habilidades matemáticas, un estudio de meta-análisis realizado por Jennifer Haimson del Boston College, demostró débil asociación, pero ninguna relación causal, y la mayoría de investigaciones evaluadas no mostraron conexión entre ambos. Así mismo, se administró un cuestionario auto-reportado vía internet para evaluar musicalidad (percepción y memoria musical) y música (desempeño y creación musical). Los encuestados tenían nivel de estudiante de doctorado de la Asociación Americana de Matemática y de la Asociación Moderna de Lenguaje (estudiantes de literatura y lenguaje). El grupo de matemáticos no reportaron mayores niveles de musicalidad o música. Entre aquellos que reportaron altos rendimientos en desempeño musical (facilidad en tocar un instrumento y/o leer música), los matemáticos no demostraron mayor musicalidad que los estudiantes de literatura/lenguaje (33). De esta manera, estos hallazgos no soportan la hipótesis de que los matemáticos son más musicales que los individuos con habilidades no cuantitativas.

Por otro lado, el efecto Tomatis de estimulación auditiva utiliza la música, electrónicamente modulada por un aparato denominado el Oído Electrónico. El sonido resultante se presenta a través de unos cascos con vibradores y se ha propuesto que el método Tomatis estimula la mielinización de las vías auditivas, lo cual mejoraría la velocidad de procesamiento de las señales auditivas. Además, la estimulación auditiva consigue una mejor integración entre los diferentes sistemas sensoriales y un equilibrio más armonioso entre el sistema nervioso simpático y el parasimpático (34). Basado en estudios de series cortas, reportes anecdóticos y con dudas en su diseño metodológico se ha planteado que el método Tomatis podría ser efectivo en el tratamiento de las dificultades de aprendizaje y de conducta; así como en la mejoría de la comunicación de la comunicación, funcionamiento social y la conducta de algunos niños con autismo. Sin embargo, un estudio en niños con autismo, utilizando un diseño aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo; los resultados indicaron que no obstante la mayoría de niños mostraron una mejoría en el lenguaje en el curso del estudio, esta no parecer relacionada al método Tomatis (35). De la misma manera una revisión narrativa de la literatura ha demostrado evidencia limitada para soportar el uso de intervenciones basadas en la música para facilitar las habilidades sociales, de comunicación y conductuales en niños con autismo (36).

Finalmente, la relación de la música con las funciones ejecutivas (FE), es decir las operaciones mentales relacionadas con atención, planificación y toma de decisiones, parece no encontrar sólidas explicaciones (37). Según Schellenberg la relación entre la presencia o ausencia de lecciones de música y funcionamiento cognitivo no es necesariamente causal, y que el entrenamiento musical y CI, es mediado por las FE, basado en que los niños con CI superiores tienen más probabilidades que su contraparte los niños con CI inferiores en tomar lecciones de música y rendir mejor una variedad de pruebas de habilidades cognitivas, con excepción de las que miden FE (38).

CONCLUSIONES

Aún existen importantes cuestionamientos en el rol de la música como un mecanismo potencial para realzar no solo algunas habilidades cognitivas, si no también otras capacidades emocionales, sociales y consecuentemente académicas de millones de niños y adultos. Se ha demostrado con claridad los cambios cerebrales tras el entrenamiento musical, transitorio

en los no músicos y persistente en los músicos, con correlación en la mejora de ciertas habilidades cognitivas; pero no existe evidencia de los efectos de la música sobre la mejoría de la inteligencia, excepto en alguna mejoría en las habilidades visuo-espaciales.

Conflicto de intereses: Ninguno

Correspondencia:

Nilton Custodio
Instituto Peruano de Neurociencias
Bartolomé Herrera 161, Lince. Lima, Perú.
Telf/fax: 51-1-2653834
Correo electrónico: ncustodio@ipn.pe

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Buentello-García RM, Martínez-Rosas AR, Alonso-Vanegas MA. Música y neurociencias. *Arch Neurocienc* 2010; 15(3): 160-167.
- Koelsch S. Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Rev* 2014;15:170-180.
- Simon HB. Music as medicine. *The American Journal of Medicine*. 2015; 128:209-210.
- Soria-Urios G, Duque P, García-Moreno JM. Música y cerebro: fundamentos neurocientíficos y trastornos musicales. *Rev Neurol*. 2011; 52: 45-55.
- Boso M, Politi P, Barale F, Emanuele E. Neurophysiology and neurobiology of the musical experience. *Functional Neurology*. 2006; 21(4): 187-191.
- Peretz I, Champod AS, Hyde K. Varieties of musical disorders. *The Montreal Battery of Evaluation of Amusia*. *Ann N Y Acad Sci*. 2003;999: 58–75.
- Peretz I, Gosselin N, Belin P, Zatorre RJ, Plailly J, Tillmann B. Music lexical networks. The cortical organization of music recognition. *The neurosciences and music III – disorders and plasticity*. *Ann N Y Acad Sci*. 2009; 1169: 256265.
- Halpern A, Zatorre R, Bouffard M, Johnson J. Behavioral and neural correlates of perceived and imagined musical timbre. *Neuropsychologia*. 2004;42: 1281-1292.
- Zatorre RJ, Samson S. Role of the right temporal neocortex in retention of pitch in auditory short-term memory. *Brain*. 1991; 114: 240317.
- Chanda ML, Levitin DJ. The neurochemistry of music. *Trends Cogn Sci*. 2013; 17(4): 179-193.
- Blood A, Zatorre R, Bermudez P, Evans A. Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in para-limbic regions. *Nature Neurosci*. 1999;2: 382-287.
- Blood A, Zatorre R. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain region implicated in reward and emotion. *PNAS*. 2001;98(20): 11818-11823.
- Bernardi L, Porta C, Sleight P. Cardiovascular, cerebro-vascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence. *Heart*. 2006; 92: 445-452.
- Schlaug G. The brain of musicians. In: Peretz I, Zatorre RJ, eds. *The cognitive neuroscience of music*. New York: Oxford University Press; 2003.p. 366-381.
- Hutchinson S, Lee LH, Gaab N, Schlaug G. Cerebellar volume of musicians. *Cereb Cortex*. 2003; 13: 943-949.
- Schlaug G, Forgeard M, Zhu L, Norton A, Norton A, Winner E. Training-induced neuroplasticity in young children: The neurosciences and music III. *Disorders and plasticity*. *Ann N Y Acad Sci*. 2009; 1169: 205-208.
- Schlaug G, Norton A, Overy K, Winner E. Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Ann N Y Acad Sci*. 2005; 1060: 219-30.
- Hyde KL, Lerch J, Norton A, Forgeard M, Winner E, Evans A, et al. Musical training shapes structural brain development. *J Neurosci*. 2009; 29: 3019-3025.
- Hyde KL, Lerch J, Norton A, Forgeard M, Winner E, Evans A, et al. The effects of musical training on structural brain development: A longitudinal study. *The neurosciences and music III. Disorders and plasticity*. *Ann N Y Acad Sci*. 2009; 1169: 182-186.
- Gruhlke LC, Patricio MC, Moreira DM. Mozart, but not the Beatles, reduces systolic blood pressure in patients with myocardial infarction. *Acta Cardiol*. 2015;70(6): 703-706.
- Han P, Kwan M, Chen D, Yusoff SZ, Chionh HL, Goh J, et al. A controlled naturalistic study on a weekly music therapy and activity program on disruptive and depressive behaviors in dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2010; 30(6): 540-546.
- Sarkamo T, Tervaniemi M, Laitinen S, Forsblom A, Soynila S, Mikkonen M, et al. Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*. 2008;131: 866-876.
- Harmat L, Takacs J, Bodizs R: Music improves sleep quality in students. *J Adv Nurs*. 2008, 62(3):327-335.
- Lin LC, Lee MW, Wei RC, Mok HK, Yang RC. Mozart K. 448 listening decreased seizure recurrence and epileptiform discharges in children with first unprovoked seizures: a randomized controlled study. *BMC Complement Altern Med*. 2014;14:17. doi: 10.1186/1472-6882-14-17.
- Rauscher FH, Shaw GL, Ky KN. Music and spatial task performance. *Nature*. 1993; 365(6447):611.
- Thompson WF, Schellenberg EG, Husain G. Arousal,

- mood, and the Mozart effect. *Psychol Sci.* 2001; 12: 248-251.
27. Bodner M, Muftuler LT, Nalcioglu O, Shaw GL. fMRI study relevant to the Mozart effect: brain areas involved in spatial-temporal reasoning. *Neurol Res.* 2001; 23: 683-690.
28. Hughes JR. The Mozart effect. *J R Soc Med.* 2001; 94(6): 316.
29. Schellenberg EG. Music lessons enhance IQ. *Psychological Science.* 2004; 15(8): 511-514.
30. Vaughn K. Music and mathematics: model support for the oft-claimed relationship. *Journal of Aesthetic Education* 2000; 34(3-4):149-166.
31. Helmbold N, Rammsayer T, Altenmuller E. Differences in primary mental abilities between musicians and nonmusicians. *J Individ Differ.* 2005;26:74-85.
32. Vaughn K, Winner E. SAT scores of students who study the arts: What we can and cannot conclude about the association. *Journal of Aesthetic Education.* 2000; 34(3-4): 77-89.
33. Haimson J, Swain D, Winner E. Do mathematicians have above average musical skill? *Music Perception.* 2011; 29(2):203-213.
34. Thompson BM, Andrews SR. An historical commentary on the physiological effects of music: Tomatis, Mozart and neuropsychology. *Integr Physiol Behav Sci.* 2000; 35(3):174-188.
35. Corbett BA, Shickman K, Ferrer E. Brief report: The effects of Tomatis sound therapy on language in children with autism. *J Autism Dev Disord.* 2008;38:562-566.
36. Simpson K, Keen D. Music interventions for children with autism: Narrative review of the literature. *J Autism Dev Disord.* 2011;41:1507-1514.
37. Hargreaves DJ, Akse A. Music, IQ, and the executive function. *Br J Psychol.* 2011;102: 306-308.
38. Schellenberg EG. Examining the association between music lessons and intelligence. *Br J Psychol.* 2011;102:283-302.

Recibido: 21/01/2017 Aceptado: 24/02/2017
--