

# Percepción musical y funciones cognitivas. ¿Existe el efecto Mozart?

C. Talero-Gutiérrez, J.G. Zarruk-Serrano, A. Espinosa-Bode

## MUSICAL PERCEPTION AND COGNITIVE FUNCTIONS. IS THERE SUCH A THING AS THE MOZART EFFECT?

**Summary.** Introduction. Throughout the second half of the 20th century important advances were made in the study of neurobiology related to the processing of music, the differences and similarities between the neural pathways involved in language and in music, the role played by each hemisphere in recognising these stimuli, and the effects that exposure to certain specific pieces of music could have on the cognitive functions. Development. The objective of this study is to review the literature concerning music and the central nervous system, bearing in mind the above-mentioned aspects. Likewise, we also wanted to analyse the reports referring to the Mozart effect and Tomatis, in addition to those dealing with formal musical education and its effects. The increased capacity to respond in visuospatial-type tasks after exposure to music by Mozart has triggered a commercial boom which makes use of isolated data, while the real extent of the effect remains unknown. Conclusions. After reviewing the scientific literature on this subject, it was found that the effects of exposure to music by Mozart (the 'Mozart effect') when they actually occurred, were limited to a specific skill that did not last for more than a few minutes. Formal musical education, on the other hand, shows more permanent positive effects but which can be attributed to the individual attention the pupil receives and to the stimulation in basic skills for general learning. [REV NEUROL 2004; 39: 1167-73]

**Key words.** Cognitive functions. Mozart effect. Music. Music and cognitive functions. Processing of music in the brain. Tomatis.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha popularizado el uso de programas de escucha de música, específicamente de Mozart o de algunos de sus contemporáneos, aduciendo que los efectos de esta escucha en las habilidades cognitivas son benéficos y manifiestos en un mejor desempeño general del individuo frente a múltiples tareas.

Los resultados de los estudios sobre los efectos de la música se divulgaron, en general, sólo parcialmente, y a partir de ellos, y en nombre de la ciencia, se inició una popularización y comercialización de métodos de estimulación para llevarse a cabo en casa o en centros especializados. Sin embargo, las afirmaciones que acompañan a la propaganda de los materiales empleados en esos métodos distan de ser completamente ciertas.

La creciente oferta de servicios de estimulación o terapéuticos basados en la música amerita hacer un análisis serio de los verdaderos alcances de este tipo de métodos. Los profesionales de la salud, los padres y los maestros deben tener la posibilidad de conocer hasta dónde la música es un elemento que por sí mismo puede aportar al desarrollo de los niños, y qué no se debe esperar de ella.

### OBJETIVO

En este trabajo revisamos la bibliografía científica disponible sobre la relación que existe entre la música, el sistema nervioso

central (SNC) y las funciones cognitivas, y ponemos el énfasis en los estudios relacionados con la mejoría de estas últimas. Analizamos los datos disponibles dentro del contexto de los mecanismos neurales que subyacen al procesamiento de la música en el cerebro y definimos el alcance real que este tipo de estímulo posee en relación con las habilidades cognitivas.

### LA MÚSICA Y SUS ORÍGENES

La música es un medio de expresión universal que se presenta en todos los pueblos. Se cree que los orígenes de la música se relacionan con el sonido de la propia voz del hombre. Ese sonido de la voz se acompañó con el golpeteo de las manos, que imprimieron el elemento rítmico. A ese movimiento de las manos le siguió el movimiento corporal, que dio inicio a la danza. Los primeros instrumentos, entre los que se encuentran trompetas, flautas sencillas, arpas, laúdes, cítaras, liras, campanillas y címbalos, aparecieron hacia el 2500 a.C., en la cultura egipcia [1].

En la Grecia y la Roma antiguas, alrededor del siglo V a.C., la música fue esencialmente vocal, e hizo uso de instrumentos de percusión, de cuerda y de viento. Era obligatoria en diferentes eventos de la vida pública, como el teatro, los juegos olímpicos y las procesiones. Tuvo tal importancia en Grecia que las antiguas leyendas son testimonio del poder que se atribuía al arte musical: Orfeo amansaba las fieras, Anfión levantó las murallas de Tebas con su lira. Para los griegos era tal el valor de la música que no sólo actuaba sobre su alma, sino también sobre su voluntad, de manera que se asocia a la tragedia griega y da origen a una doctrina musical. Los escritos permiten suponer una gran sensibilidad musical, aun cuando la melodía y el ritmo todavía eran rudimentarios [2].

Alrededor del siglo V d.C., la era cristiana trajo consigo la aparición de cantos litúrgicos comunes a los diferentes grupos, que se divulgan y transcriben, posiblemente, mediante la intervención de una autoridad política o religiosa. En la Edad Media, el uso de sonidos simultáneos que forman un todo armónico, o

Recibido: 27.08.04. Recibido en versión revisada: 17.09.04. Aceptado: 04.10.04.

Línea de Investigación en Neurociencia Cognitiva. Grupo Neuros. Facultad de Medicina. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Bogotá, Colombia.

Correspondencia: Dra. Claudia Talero-Gutiérrez. Calle 63D, n.º 24-31. Bogotá, Colombia. Fax: 5 713 101 275. E-mail: cltalero@urosario.edu.co

Agradecimientos. Al Dr. Carlos Moreno Benavides, por sus observaciones, sugerencias y correcciones al presente trabajo.

© 2004, REVISTA DE NEUROLOGÍA

polifonía, tuvo su máxima expresión en el canto gregoriano, que se constituye en la manifestación musical de mayor importancia de la época. San Gregorio Magno, de quien toma su nombre, realizó una obra de codificación y compendio, así como de composición, que ha permanecido a través de los tiempos [3].

La polifonía alcanzó su cumbre en el siglo XVI, y en los siglos XVII y XVIII apareció la ópera, que, con la música instrumental y compositores como Vivaldi, Beethoven, Schubert, Schumann, Brahms, Liszt y Mozart, simboliza un punto de madurez en la música occidental [1].

En los siglos XIX y XX se produjo una ampliación y perfeccionamiento de los diferentes instrumentos, y la segunda mitad del siglo XX fue muy rica en producción y composición musical. El avance de la tecnología permitió la introducción de variaciones a los instrumentos (guitarra eléctrica, órgano, sintetizador, etc.), hecho que enriqueció el abanico de posibilidades musicales, al tiempo que se desarrolló un interés por el estudio y la recuperación de la música antigua.

La música empezó a utilizarse como método terapéutico especialmente en la segunda mitad del siglo XX. El reconocimiento en la práctica de los efectos que produce la música sobre el estado afectivo y de atención dio origen a su uso en terapias. Se utilizó igualmente como apoyo en diferentes enfoques relacionados con alteraciones auditivas y del lenguaje, así como en alteraciones motoras en los niños e, incluso, en los adultos. Ha sido tan amplio el interés en sus efectos terapéuticos, que incluso se ha estudiado como coadyuvante en el manejo del dolor [4]. Asimismo, se le atribuyen efectos benéficos en las habilidades cognitivas, de atención, de procesamiento temporoespacial y de habilidades matemáticas, entre otras [5,6].

## MÚSICA Y LENGUAJE

La música se define como el arte del sonido de la voz humana, de los instrumentos o de unos y otros a la vez, bajo los aspectos de la melodía, la armonía y el ritmo [7]. La música, como el lenguaje, es una forma de comunicación basada en la acústica, con una serie de reglas para combinar un número limitado de sonidos en un infinito número de formas [8]. En ambas habilidades existe una predisposición genética que permite a los sujetos adquirir el lenguaje y reconocer variaciones musicales desde etapas muy tempranas [9]. En el primer año de vida, el bebé, que se expone al sonido, desarrolla la capacidad de percepción del mismo, tanto el de tipo musical como el verbal o lingüístico. En la música, como en el lenguaje, se parte de elementos comunes de discriminación en los que se incluyen el tono y la intensidad. Desde los 7 meses de edad se puede medir el reconocimiento del lenguaje a través de pruebas de atención a palabras específicas incluidas dentro de un discurso [10]. En los niños en la etapa prelingüística, las capacidades de percepción musical son similares a las de niños mayores. Desde los 6 meses de edad es posible evaluar la capacidad de detección de cambio en las melodías. Esa percepción musical interviene en aspectos de interrelación personal. Todas las madres cantan a sus bebés en forma melodiosa, aunque ellos no puedan entender lo que dicen y, en general, usando un tipo especial de contorno de tono simple y agudo, lento y con expresividad emocional que es común en todas las culturas. Esta conducta de las madres genera en los niños una disminución de la actividad motora y períodos prolongados de enfoque de la atención [9].

La música, como el lenguaje, ha sido objeto de estudio de

neurocientíficos, músicos y terapeutas. Ambos tipos de estímulos sonoros comparten las aferencias sensoriales que transmiten la información hasta la corteza cerebral, y se encuentran circuitos neurales independientes en las áreas corticales responsables del procesamiento de cada una de ellas [11]. Las investigaciones se han dirigido al estudio de la capacidad musical en sí misma y del lenguaje, sus orígenes, su comprensión, las sensaciones producidas, los mecanismos neurales de interpretación y su procesamiento cerebral. Los componentes del lenguaje se clasifican en fonemas, morfemas, palabras y frases, mientras que los componentes de la música se han dividido en tono, timbre, ritmo y melodía, y éstos son necesarios en conjunto para producir una percepción musical. Asimismo, la música y el lenguaje están relacionados con la creación de imágenes (recuerdos y memoria), actividad motora y afectividad. El análisis del procesamiento central del lenguaje ha progresado de forma importante, mientras que el de la música se hace más complejo, por la necesidad de aislar las diferentes características de la misma. Los resultados de los estudios experimentales relacionados con el procesamiento musical están afectados por la experiencia musical de los sujetos (músicos, no músicos o aficionados) y la forma de presentación de los elementos que constituyen el estímulo musical [12,13].

Mientras que en el lenguaje se puede ser competente, tanto en la comprensión como en la expresión verbal, sin una instrucción programada, la capacidad de percepción de la música y de reconocimiento de melodías se puede adquirir también espontáneamente, pero la ejecución instrumental debe aprenderse y, para que cumpla los parámetros de producción armónica, debe haber un entrenamiento.

## TRANSMISIÓN DEL SONIDO

El oído humano tiene la propiedad de captar el sonido y de realizar su procesamiento central en la corteza auditiva para determinar su origen y localización, e identificar el tipo de objeto, persona o animal que produce dicho sonido. El procesamiento del sonido se inicia desde la captación de la onda sonora que ha generado un emisor, pasa a través del conducto auditivo externo y hace vibrar la membrana timpánica, la cual transmite a los huesecillos la energía que va a producir esta vibración. La entrada y salida de la platina del estribo en la ventana oval genera un movimiento en los líquidos del oído interno y desencadena cambios de potencial de membrana en las células ciliadas del órgano de Corti. Las células ciliadas transmiten mediante neurotransmisores información a las terminaciones nerviosas de la rama auditiva del VIII par craneal (nervio vestibulococlear) [14-16].

Para entender mejor la progresión de la transmisión de la información sonora por la vía auditiva y su procesamiento central, se debe tener en cuenta que existe una organización tonotópica del sonido en toda la vía [17]. Dicha organización se inicia desde el oído medio, donde los diferentes segmentos de la membrana timpánica vibran de acuerdo con la frecuencia del sonido. Las fibras que constituyen la membrana basilar se distribuyen morfológicamente a lo largo de ésta, y determinan el tipo de frecuencia a la que responden. En la porción basal se encuentran fibras cortas, rígidas, que se activan con frecuencias altas; en el vértice (modiolo) hay fibras largas y flexibles que se estimulan con frecuencias bajas. Lo anterior origina el llamado 'principio de lugar', que explica la activación de neuronas por diferentes frecuencias de acuerdo con la posición de las células ciliadas a lo largo de la membrana basilar. Este 'principio de lugar' se aplica a

toda la vía auditiva. Las fibras nerviosas estimuladas por las células ciliares que han respondido a una frecuencia particular mantendrán una organización en el complejo olivar superior, primer sitio donde se establecen mecanismos neurales para la localización del sonido. Dentro de la organización tonotópica se sabe que el núcleo olivar lateral superior responde a frecuencias altas, de 5.000 Hz, mientras que el núcleo medial responderá a frecuencias bajas. La vía auditiva se continúa con los núcleos del lemnisco lateral, en el que se identifican células dorsales que responden a bajas frecuencias del sonido, y células ventrales, que responden a frecuencias altas. De esta manera, la vía se continúa en el colículo inferior, los núcleos geniculados mediales localizados en el tálamo y termina en la corteza auditiva primaria, que se conoce como A1, localizada en el giro temporal superior (áreas de Brodman 41 y 42) [14,15,18]. La corteza auditiva primaria tiene también una organización tonotópica. Lauter et al, en 1985, confirmaron que en el giro temporal superior de Heschl se produce una activación anterior y lateral para frecuencias bajas y una activación medial y posterior para frecuencias altas [19]. En este punto se da la recepción primaria del estímulo sonoro. A partir de ella, la discriminación de la información como mensaje verbal o como estructura musical se hará en circuitos neurales diferentes.

## PROCESAMIENTO CEREBRAL

Los primeros estudios de especialización hemisférica sugerían que el hemisferio izquierdo se especializaba en el procesamiento del lenguaje y el hemisferio derecho en la música [20,21]. El énfasis inicial de los estudios en pacientes con sección del cuerpo calloso se puso en todos los aspectos relacionados con el lenguaje y otras funciones cognitivas, así como con el procesamiento sensorial, que no incluía específicamente el musical [22]. Esos estudios iniciales dieron origen a la propuesta de un hemisferio izquierdo intelectual y de un hemisferio derecho artístico, que procesaba la información musical y la estética visual, aunque se reconocía una diferencia de lateralización en el caso de los músicos profesionales. El interés en el procesamiento central de la música se desarrolló de una forma importante en la década de los noventa en el siglo XX. Con el apoyo de la tecnología y el reconocimiento y el análisis de los diferentes componentes de la música se realizaron estudios de imágenes funcionales que permitieron reconocer la participación de los dos hemisferios en la percepción musical [23,24].

Los estudios neuroanatómicos demostraron en los años sesenta una asimetría cerebral en la que se evidenció una mayor extensión del plano temporal izquierdo, área que corresponde al procesamiento de la información auditiva. Estos hallazgos fueron confirmados con imágenes de resonancia magnética cerebral, que revelaron un mayor volumen de sustancia blanca por debajo del giro temporal superior del hemisferio izquierdo [25]. Esta asimetría se ha estudiado, además, citoarquitectónicamente, y se han demostrado diferencias en el tamaño de las células piramidales de la capa III, que son de mayor tamaño en el hemisferio izquierdo que en el derecho. Se ha observado que las columnas celulares de la corteza auditiva primaria izquierda son más anchas y, a la vez, contactan con mayor número de aferentes en comparación con las del hemisferio derecho y los axones tienen una mayor densidad de mielina. Lo anterior se ha asociado con el procesamiento de los estímulos en períodos específicos de tiempo (discriminación del habla) en el hemisferio izquierdo, mientras que al hemisferio derecho se le atribuye una

mayor capacidad de detección del contorno melódico y del intervalo de frecuencias [26-29]. La observación de pacientes y el estudio con resonancia magnética funcional en voluntarios y en pacientes con lesiones hemisféricas demuestra que la percepción musical se realiza en los dos hemisferios [11].

Ciertos estudios llevados a cabo en músicos y no músicos muestran claras diferencias en el desarrollo de estructuras cerebrales. Se han demostrado diferencias significativas entre la representación cortical auditiva en los músicos y los que no son músicos, y es mayor en cerca de un 25% en los músicos respecto a los sujetos que nunca habían interpretado un instrumento [23]. Además, hay estudios que confirman un aumento en el volumen del cuerpo calloso, el cerebelo y la corteza motora [11,30]. La destreza motora y la coordinación que se requieren en la interpretación musical con cualquier instrumento (violín, guitarra, piano, flauta, entre otros) explicarían la plasticidad observada en estas estructuras, estrechamente relacionadas con dichas habilidades.

### *Hemisferio derecho*

La dominancia del hemisferio derecho para la percepción de melodías fue descrita por primera vez por Kimura en 1964 [21]; dominancia que rebatieron después, en 1974, Bever y Chiarello [31], quienes propusieron un procesamiento bilateral según la experiencia musical. La teoría de que la percepción y el procesamiento de la música eran exclusivos del hemisferio derecho fue discutida por Peretz et al en 1994 [32], quienes encontraron que existía un sesgo a favor de este hemisferio, dado que las experiencias realizadas se centran principalmente en la percepción de tonos presentados de forma aislada o en una secuencia, y no en otras experiencias musicales. Los primeros estudios de tomografía por emisión de positrones (PET) que mostraron una activación hemisférica derecha para la discriminación del timbre, el tono y los cambios tonales en melodías fueron comunicados por Mazziotta et al en 1982 [33,34] y, posteriormente, por Zatorre et al en 1994 [35]. Simultáneamente, se había realizado un buen número de estudios que demostraban que la corteza temporal derecha está implicada en el procesamiento, reconocimiento y discriminación del timbre y el tono [36-38]. Asimismo, se le atribuyen funciones como memoria musical, entonación, memoria tonal y preservación del contorno melódico [39-43]. Sin embargo, se comunicó un caso clínico de una paciente con lesión bilateral de los lóbulos temporales en la cual se evidenciaba una afectación de la memoria semántica y episódica, pero una integridad total para la memoria musical [44]. Esto indicaría que dicha memoria se almacena en diferentes regiones corticales, aunque es necesario realizar estudios complementarios que apoyen dicho hallazgo.

Usando PET en sujetos sin alteraciones auditivas o lesiones del SNC y presentándoles diferentes estímulos musicales, se encontró una activación del hemisferio derecho, para el estímulo realizado con un timbre, en el giro frontal inferior o áreas de Brodman 6 y 4 [45].

### *Hemisferio izquierdo*

El hemisferio izquierdo, considerado como el encargado del reconocimiento del habla y del procesamiento del lenguaje, función que depende de áreas anteriores de la corteza auditiva [46,47], está involucrado también en el procesamiento de estímulos musicales. La asimetría a favor de este hemisferio se asocia con el reconocimiento de estructuras temporales del sonido [26-29], que, a su vez, permitirán el procesamiento de estructuras musicales específicas.

Se le atribuyen también diferentes funciones relacionadas con la música, entre ellas, el reconocimiento de estructuras rítmicas, temporales y secuenciales, y se le relaciona con las representaciones semánticas del estímulo musical (reconocimiento e identificación de melodías) [37,45]. Se ha comunicado, asimismo, en diferentes trabajos, la activación parietal y frontal izquierda para ritmos métricos [36].

La observación de pacientes con lesiones del lóbulo temporal izquierdo ha permitido ver una relación directa entre la magnitud y localización de la lesión con la alteración del ritmo y el reconocimiento de melodías [48,49]. Los pacientes con lesiones en el lóbulo temporal del hemisferio izquierdo presentaban dificultad en el reconocimiento de dos tonos separados por intervalos cortos –de 300 ms o menores– [50], en la detección de cambios sutiles en tiempo sincrónico o en la duración del mismo [50,51]. En pacientes a los que se realizó una cortectomía izquierda, se produjo una alteración en la percepción del intervalo, pero no en el contorno musical, de manera contraria a lo sucedido con cortectomías derechas, en las que se afectó tanto el contorno como el intervalo musical. Lo anterior puede explicar el principio de cooperación de los hemisferios [43].

En los estudios con PET [45] se ha encontrado una activación izquierda en el giro frontal inferior (área de Brodman 47) y en la parte anterior del giro temporal superior para el reconocimiento de los estímulos musicales. En este caso, la activación frontal se asocia con la búsqueda lexicosemántica de la estructura musical (nombres, personas, momentos). El ritmo desencadenó una activación puramente izquierda, en la que se incluye el área de Broca, que también se activa en otras funciones aparte del habla –categorización de consonantes de acuerdo con su representación fonológica [52] y análisis acústico de la secuencia de fonemas [53], entre otras [34]–. Para el tono, se observó una activación izquierda en el *cuneus* y el *precuneus*, que tienen una mínima conexión con el procesamiento auditivo, y que se asocian más con el procesamiento de material visual e imágenes mentales. Esta activación izquierda a los cambios tonales se puede explicar porque en este estudio se dieron estímulos de intervalos que indujeron sesgos en el procesamiento de los tonos [45].

Existe una relación entre un procesamiento tonal en el hemisferio izquierdo y las lenguas orientales (tonales), como el tailandés y el chino, ya que los que hablan dichas lenguas tienen una activación del hemisferio izquierdo al oír las, mientras que los que hablan otras lenguas tienen una activación derecha [54,55].

## MÚSICA Y HABILIDADES COGNITIVAS

A mediados del siglo XX, el otorrinolaringólogo francés Alfred Tomatis inició una propuesta de rehabilitación dirigida a personas con dificultades auditivas o de lenguaje. Su programa terapéutico consiste en la estimulación musical a través de la escucha programada de piezas de Mozart y otros compositores de música clásica. Lo anterior hace reclamar a los seguidores del doctor y del método Tomatis el descubrimiento de los efectos positivos que ellos denominan ‘efecto Tomatis’. Desafortunadamente, a pesar de la divulgación y la aplicación del método, que incluye el llamado oído electrónico –un equipo que filtra frecuencias y transmite a través de auriculares y de la vía ósea la información musical al sujeto–, no se han realizado estudios formales con grupos de control que permitan medir los efectos beneficiosos de dicho sistema terapéutico y, hasta el momento, sus resultados son anecdóticos [56].

En 1993, Rauscher et al, de la Universidad de California, publicaron los resultados obtenidos en una investigación realizada con grupos de estudiantes universitarios. El experimento consistió en exponer a tres grupos de estudiantes, durante 10 minutos, a la escucha de música minimalista, un grupo, una sonata de Mozart, otro grupo y silencio, el último grupo. A estos sujetos se les habían realizado unas pruebas de habilidades, 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 visuoespaciales. Los investigadores tomaron la puntuación más alta en estas habilidades y la sumaron a la calificación en las pruebas generales de habilidades cognitivas. Se obtuvo un incremento en la puntuación del cociente intelectual de, aproximadamente, 8 puntos. La permanencia de esa habilidad superior en ese grupo de estudiantes no se mantuvo en el tiempo [57].

Los resultados se publicaron, y ese hallazgo se denominó efecto Mozart. A partir de esos primeros datos se generó una cantidad importante de investigaciones realizadas por los mismos autores y por otros grupos, algunos de los cuales lograron replicar los hallazgos iniciales, mientras que otros no encontraron cambios significativos [57-59]. Igualmente, la motivación generada por el efecto Mozart impulsó el desarrollo de estudios, similares a los de Rauscher, en animales [60].

La replicación de los estudios de Rauscher et al en seres humanos no produjeron los mismos efectos comunicados por ellos, 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 temporoespacial 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 espaciotemporal, han publicado los resultados de sus estudios de imágenes funcionales. 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 espaciotemporal [6].

El número de investigaciones ha permitido la realización de metanálisis en los que 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 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 [61]. El análisis de las diferentes pruebas utilizadas para comparar el efecto Mozart con otras situaciones (sentarse en silencio, oír historias, oír cintas 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. Estudios realizados en ratas con hipertensión arterial que se expusieron a música de Mozart confirman una disminución de la presión arterial con un aumento del calcio y del contenido de dopamina cerebral, por lo que se infiere que la exposición a música de Mozart desencadena los anteriores efectos metabólicos [62].

A pesar de los intentos de replicar y explicar los resultados obtenidos en los diferentes trabajos, que atribuyen las diferencias a aspectos como las cualidades musicales y el tiempo de exposición al estímulo usado, las pruebas utilizadas para evaluar la ganancia en las habilidades, y las características de la pobla-

ción, no ha sido posible sacar conclusiones definitivas, lo que ha desencadenado en los defensores protestas en el sentido de que no se replicaron las experiencias de forma adecuada [63].

Además de los anteriores, se han realizado estudios electrofisiológicos en los cuales se registra la actividad eléctrica evocada por estímulos musicales. En ellos, se ha observado una tendencia a la actividad electroencefalográfica tipo  $\alpha$  cuando el sujeto escucha música de Mozart [64].

A los estudios anteriores, referidos a los cambios obtenidos a corto plazo, se han sumado otros en los cuales se miden las consecuencias de un entrenamiento musical formal a largo plazo. Habitualmente, la enseñanza musical se realiza uno a uno, es decir, cada maestro atiende a un niño individualmente. A través de este tipo de enseñanza se estimula en el niño el aprendizaje de un código escrito, habilidades de memoria, de atención y de coordinación, entre otras, que se requieren para el adecuado desempeño en todas las demás áreas del saber. Algunos autores atribuyen a estas últimas consideraciones el mejor desempeño escolar general que se encuentra en los niños que reciben clases de música. Sin embargo, no todos los estudios comunican un rendimiento significativamente mejor en un grupo de alumnos de música comparado con un grupo control [58].

Se han utilizado varios modelos de estudio, en los cuales la constante es la enseñanza musical, que puede ser mediante varios tipos de metodología –método Kodály, clases de piano o de música, en general, que varían en el número de sesiones y en la duración de las mismas– y la comparación con el desempeño posterior en varios tipos de habilidades que exceden el llamado efecto Mozart (habilidades visuoespaciales), e incluyen el desempeño en matemáticas, en lectura, en memoria auditiva, etc. Los resultados de los estudios anteriores no permiten sacar conclusiones definitivas, por cuanto algunos demuestran claramente una tendencia hacia el mejor desempeño en diferentes tareas cognitivas en quienes reciben entrenamiento musical, mientras que otros no comunican beneficios significativos entre los grupos. Las diferencias entre los métodos, los instrumentos de medición de las habilidades, los tiempos, etc., por su falta de uniformidad entre los experimentos, no permiten extraer una conclusión definitiva [59]. Lo anterior marca una importante diferencia entre el denominado efecto Mozart y las habilidades que pueden potenciarse en aquellas personas con aptitud y entrenamiento musical formal [65].

## CONCLUSIONES

La transmisión del sonido y su procesamiento central se han estudiado de manera tal que se conocen los eventos acústicos y neurofisiológicos de la transducción a través de las estructuras periféricas y de toda la vía neural hasta el SNC, donde se realiza el procesamiento en la corteza temporal. La vía auditiva tiene una organización tonotópica y transmite potenciales de acción que codifican las frecuencias del sonido de una forma particular y determinan la llegada del estímulo sonoro a la corteza. De esta manera, cualquier estímulo sonoro, sea vocálico, ambiental o musical, accede a las áreas auditivas primarias.

El estudio del procesamiento central de la música permite atribuir a los dos hemisferios cerebrales la función de reconocimiento de distintas características del sonido. El hemisferio derecho se relaciona con el análisis del tono y del timbre y el izquierdo con el ritmo y el reconocimiento de melodías. Según la clase de estímulo musical presentado se activan diferentes áreas cerebrales en función de la percepción que se evoque: recuerdos, imágenes, asociación de palabras o sentimientos relacionados, etc. También se reconoce un predominio del hemisferio izquierdo en el análisis de las estructuras musicales en músicos o personas con entrenamiento musical.

En las últimas dos décadas se ha desencadenado un enorme interés por desentrañar los aspectos neurobiológicos de la música y de sus efectos sobre las funciones cognitivas. A la música se le han atribuido propiedades de mejoramiento en habilidades intelectuales y, aún mejor, se ha presentado como la solución para cuadros clínicos, entre los que se incluyen dislexias, trastornos del lenguaje, autismo y problemas de atención.

La mejoría específica en el desempeño de habilidades visuoespaciales que ocurre después de escuchar música de Mozart, y que tiene una reconocida corta duración (10-15 min), es el fenómeno denominado 'efecto Mozart'. Respecto a este último, hay suficiente evidencia que lo respalda. Se reconoce el hecho de su inestabilidad y desaparición después de algunos minutos, lo que desestimaría el uso comercial que promueve el rápido logro de una inteligencia superior.

El método Tomatis aporta algunas variaciones en la explicación de la transducción y el procesamiento del sonido, y da una mayor importancia a la transmisión por la vía ósea. Asimismo, destaca las conexiones que la vía auditiva posee con los sistemas del equilibrio, del control motor y de la coordinación, el sistema reticular y las áreas corticales del lenguaje, y utiliza los anteriores para justificar la bondad de la estimulación auditiva como terapia en múltiples cuadros clínicos [56]. Sin embargo, no existen evidencias científicas publicadas que permitan respaldar estas afirmaciones y, por ello, no se cuenta con elementos que sustenten el uso terapéutico de este método.

Está claro que la educación musical formal depende del tipo de estudio que se realice, y que los efectos positivos pueden derivarse del hecho de recibir una educación uno a uno, donde se estimulan tanto aspectos básicos de los prerrequisitos para el aprendizaje (memoria, atención, motivación) como habilidades relacionadas con los aprendizajes académicos (lectura, coordinación, y otros).

Los profesionales de la salud que están en contacto directo con el cuidado de la población infantil y, en algunos casos, con la atención de adultos, deben conocer el verdadero alcance que tiene la estimulación musical. Los maestros que utilizan la música como herramienta pedagógica deben ser conscientes de los mecanismos que contribuyen a que ésta promueva una mejor actitud hacia el aprendizaje y lo diferencien claramente del llamado 'efecto Mozart'. Los padres pueden verse influidos por los medios de comunicación; pero, en general, están atentos a la sugerencia que en esa materia, como en otras, les dé el profesional de la salud de su confianza o el maestro de sus hijos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Dufourcq N. Breve historia de la música. 9 ed. San Lorenzo: Progreso; 2001.
2. Mila M. Breve historia de la música. 1 ed. Barcelona: Península; 1998.
3. Beltrando-Patrier MC. Historia de la música. 1 ed. Madrid: Espasa; 2001.
4. Cepeda MS, Díaz JE, Hernández V, Daza E, Carr DB. Music does not reduce alfentanil requirement during patient-controlled analgesia (PCA). Use in extracorporeal shock wave lithotripsy for renal stones. *J Pain Symptom Manage* 1998; 16: 382-7.

5. Holden C. Music as brain builder. *Science* 1999; 283: 2007.
6. 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: 683-90.
7. RAE. *Diccionario de la Lengua Española*. 22 ed. Madrid: Espasa-Calpe; 2001. p. 1558.
8. Lerdahl F, Jackendorff R. *A generative theory of tonal music*. Cambridge: MIT Press; 1983.
9. Trehub SE. Musical predispositions in infancy. *Ann N Y Acad Sci* 2001; 930: 1-16.
10. Jusczyk PW. How infants begin to extract words from speech. *Trends Cogn Sci* 1999; 3: 323-8.
11. Peretz I. Brain specialization for music: new evidence from congenital amusia. *Ann N Y Acad Sci* 2001; 930: 153-65.
12. Schlaug G. The brain of musicians, a model for functional and structural adaptation. *Ann N Y Acad Sci* 2001; 930: 281-99.
13. Pantev C, Engelien A, Candia V, Elbert T. Representational cortex in musicians. Plastic alterations in response to musical practice. *Ann N Y Acad Sci* 2001; 930: 300-14.
14. Guyton A, Hall J. El sentido del oído. In Guyton A, Hall J, eds. *Tratado de fisiología médica*. México: McGraw-Hill Interamericana; 2001. p. 729-40.
15. Livingston R. Audición. In West JB, ed. *Best y Taylor. Bases fisiológicas de la práctica médica*. Buenos Aires: Panamericana; 1993. p. 1118-42.
16. Hudspeth A. Hearing. In Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, eds. *Principles of neural science*. New York: McGraw-Hill; 2000. p. 590-613.
17. Shamma S. Physiological basis of timbre perception. In Gazzaniga M, ed. *The new cognitive neurosciences*. Cambridge: MIT Press; 2000. p. 411-23.
18. Brugge JF. Neurophysiology of the central auditory and vestibular systems. In Paparella MM, Shumrick DA, Gluckman JL, Meyerhoff WL, eds. *Otolaryngology: basic sciences and related principles*. Philadelphia: WB Saunders; 1991. p. 281-301.
19. Lauter JL, Herscovitch P, Formby C, Raichle ME. Tonotopic organization in human auditory cortex revealed by positron emission tomography. *Hear Res* 1985; 20: 199-205.
20. Kimura D. Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Can J Psychol* 1961; 15: 166-71.
21. Kimura D. Left-right differences in the perception of melodies. *Q J Exp Psychol* 1964; 16: 355-8.
22. Baynes K, Gazzaniga M. Consciousness, introspection, and the split-brain: the two minds/one body problem. In Gazzaniga M, eds. *The new cognitive neurosciences*. Cambridge: MIT Press; 2000. p. 1355-63.
23. Pantev C, Oostenveld R, Engelien A, Ross B, Roberts LE, Hoke M. Increased auditory cortical representations in musicians. *Nature* 1998; 392: 811-4.
24. Altenmüller EO. How many music centers are in the brain. *Ann N Y Acad Sci* 2001; 930: 273-80.
25. Penhune VB, Zatorre RJ, MacDonald JD, Evans AC. Interhemispheric anatomical differences in human primary auditory cortex: probabilistic mapping and volume measurement from magnetic resonance scans. *Cereb Cortex* 1996; 6: 661-72.
26. Anderson B, Southern BD, Powers RE. Anatomic asymmetries of the posterior superior temporal lobes: a postmortem study. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol* 1999; 12: 247-54.
27. Galuske RA, Schlote W, Bratzke H, Singer W. Interhemispheric asymmetries of the modular structure in human temporal cortex. *Science* 2000; 289: 1946-9.
28. Zatorre RJ, Belin P. Spectral and temporal processing in human auditory cortex. *Cereb Cortex* 2001; 11: 946-53.
29. Zatorre RJ, Belin P, Penhune VB. Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends Cogn Sci* 2002; 6: 37-46.
30. Hutchinson S, Hui-Lin Lee L, Gaab N, Schlaug G. Cerebellar volume of musicians. *Cereb Cortex* 2003; 13: 943-9.
31. Bever TG, Chiarello RJ. Cerebral dominance in musicians and nonmusicians. *Science* 1974; 185: 537-9.
32. Peretz I, Kolinsky R, Tramo M, Labrecque R, Hublet C, Demeurisse G, et al. Functional dissociations following bilateral lesions of auditory cortex. *Brain* 1994; 117: 1283-301.
33. Mazziotta JC, Phelps ME, Carson RE, Kuhl DE. Tomographic mapping of human cerebral metabolism: auditory stimulation. *Neurology* 1982; 32: 921-37.
34. Zatorre RJ, Evans AC, Meyer E, Gjedde A. Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing. *Science* 1992; 256: 846-9.
35. Zatorre RJ, Evans AC, Meyer E. Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *J Neurosci* 1994; 14: 1908-19.
36. Tramo MJ. Music of the hemispheres. *Science* 2001; 291: 54-6.
37. Andrade PE, Bhattacharya J. Brain tuned to music. *J R Soc Med* 2003; 96: 284-7.
38. Evers S, Dannert J, Rödding D, Rötter G, Ringelstein EB. The cerebral haemodynamics of music perception: a transcranial Doppler sonography study. *Brain* 1999; 122: 75-85.
39. Loring DW, Meador KJ, Lee GP, King DW. Amobarbital effects and lateralized brain function—the WADA test. New York: Springer-Verlag; 1992.
40. Plenger PM, Breier JI, Wheless JW, Ridley TD, Papanicolaou AC, Brookshire B, et al. Lateralization of memory for music: evidence from the intracarotid sodium amobarbital procedure. *Neuropsychologia* 1996; 34: 1015-8.
41. Bogen JE, Goron HW. Musical tests for functional lateralization with intracarotid amobarbital. *Nature* 1971; 230: 524-5.
42. Goron HW, Bogen JE. Hemispheric lateralization of singing after intracarotid sodium amobarbital. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1974; 37: 727-38.
43. Liégeois-Chauvel C, Peretz I, Babiá M, Laguitton V, Chauvel P. Contribution of different areas in the temporal lobes to music processing. *Brain* 1998; 121: 1853-67.
44. Sánchez V, Serrano C, Feldman M, Tufro G, Rugilo C, Allegri RF. Preservación de la memoria musical en un síndrome amnésico. *Rev Neurol* 2004; 39: 41-7.
45. Platel H, Price C, Baron JC, Wise R, Lambert J, Frackowiak RS, et al. The structural components of music perception: a functional anatomical study. *Brain* 1997; 120: 229-43.
46. Binder JR, Frost JA, Hammeke TA, Bellgowan PS, Springer JA, Kaufman JN, et al. Human temporal lobe activation by speech and nonspeech sounds. *Cereb Cortex* 2000; 10: 512-28.
47. Hickok G, Poeppel D. Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends Cogn Sci* 2000; 4: 131-8.
48. Mavlov L. Amusia due to rhythm agnosia in a musician with left-hemisphere damage: a non-auditory supramodal defect. *Cortex* 1980; 16: 331-8.
49. Prior D, Kinsella G, Giese J. Assessment of musical processing in brain-damage patients: implications for laterality of music. *J Clin Exp Neuropsychol* 1990; 12: 301-12.
50. Samson S, Ehrle N, Baulac M. Cerebral substrates for musical temporal processes. *Ann N Y Acad Sci* 2001; 930: 166-78.
51. Ehrle N, Samson S, Baulac M. Processing of rapid auditory information in epileptic patients with left temporal lobe damage. *Neuropsychologia* 2001; 39: 525-31.
52. Sergent J, Zuck E, Terriah S, Macdonald B. Distributed neural network underlying musical sight-reading and keyboard performance. *Science* 1992; 257: 106-9.
53. Démonet JF, Chollet F, Ramsay S, Cardebat D, Nespoulous JL, Wise R, et al. The anatomy of phonological and semantic processing in normal subjects. *Brain* 1992; 115: 1753-68.
54. Gandour J, Wong D, Hutchins G. Pitch processing in the human brain is influenced by language experience. *Neuroreport* 1998; 9: 2115-9.
55. Klein D, Zatorre RJ, Milner B, Zhao V. A cross-linguistic PET study of tone perception in Mandarin Chinese and English speakers. *Neuroimage* 2001; 13: 646-53.
56. Thompson BM, Andrews SR. An historical commentary on the physiological effects of music: Tomatis, Mozart and neuropsychology. *Integr Physiol Behav Sci* 2000; 35: 174-88.
57. Rauscher FH, Shaw GL, Ky KN. Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis. *Neurosci Lett* 1995; 185: 44-7.
58. McKelvie P, Low J. Listening to Mozart does not improve children's spatial ability: final curtains for the Mozart effect. *Br J Dev Psychol* 2002; 20: 241-58.
59. Schellenberg EG. Music and nonmusical abilities. *Ann N Y Acad Sci* 2001; 930: 355-71.
60. Steele KM. Do rats show a Mozart effect? *Music Perception* 2003; 21: 251-65.
61. Thompson WF, Schellenberg EG, Husain G. Arousal, mood, and the Mozart effect. *Psychol Sci* 2001; 12: 248-51.
62. Sutoo D, Akiyama K. Music improves dopaminergic neurotransmission: demonstration based on the effect of music on blood pressure regulation. *Brain Res* 2004; 1016: 255-62.
63. Rauscher FH. Prelude or requiem for the Mozart effect. *Nature* 1999; 400: 827-8.
64. Jaušovec N, Habe K. The 'Mozart effect': an electroencephalographic analysis employing the methods of induced event-related desynchronization/synchronization and event-related coherence. *Brain Topogr* 2003; 16: 73-84.
65. Schellenberg EG. Music lessons enhance IQ. *Psychol Sci* 2004; 15: 511-4.

## PERCEPCIÓN MUSICAL Y FUNCIONES COGNITIVAS.

## ¿EXISTE EL EFECTO MOZART?

**Resumen.** Introducción. En la segunda mitad del siglo XX se desarrolló de forma importante el estudio de la neurobiología relacionada con el procesamiento de la música, las diferencias y coincidencias de los circuitos neurales involucrados con el lenguaje y con la música, la participación de cada hemisferio en el reconocimiento de estos estímulos, y los efectos que en las funciones cognitivas pueda producir la exposición a ciertas piezas musicales específicas. Desarrollo. El objetivo del presente trabajo es revisar la bibliografía pertinente relacionada con la música y el sistema nervioso central, teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente; asimismo, analizar las publicaciones referidas al efecto Mozart y Tomatis y las relacionadas con la educación musical formal y sus efectos. El incremento en la capacidad de respuesta en tareas de tipo visuoespacial después de la exposición a música de Mozart ha desencadenado un auge comercial, en el cual se toman datos aislados y se desconocen los alcances reales que esta exposición tiene. Conclusiones. Tras revisar la literatura científica relacionada con el tema, se encontró que los efectos de la exposición a la música de Mozart (efecto Mozart), cuando se presentaron, se restringieron a una habilidad específica que no permaneció durante más de algunos minutos. La educación musical formal, por el contrario, muestra efectos positivos más permanentes, pero atribuibles a la atención individual que recibe el alumno y al estímulo en habilidades básicas para los aprendizajes generales. [REV NEUROL 2004; 39: 1167-73]

**Palabras clave.** Efecto Mozart. Funciones cognitivas. Música. Música y funciones cognitivas. Procesamiento cerebral de la música. Tomatis.

## PERCEPÇÃO MUSICAL E FUNÇÕES COGNITIVAS.

## EXISTIRÁ O EFEITO MOZART?

**Resumo.** Introdução. Na segunda metade do século XX desenvolveu-se de forma importante o estudo da neurobiologia relacionada com o processamento da música, as diferenças e coincidências de circuitos neurais envolvidos com a linguagem e com a música, a participação de cada hemisfério no reconhecimento destes estímulos e os efeitos que a exposição a certas peças musicais específicas possa produzir nas funções cognitivas. Desenvolvimento. O objetivo do presente trabalho é rever a bibliografia pertinente relacionada com a música e o sistema nervoso central, tendo em conta os aspectos mencionados anteriormente; bem como, analisar as publicações referidas ao efeito Mozart e Tomatis e aquelas relacionadas com a educação musical formal e os seus efeitos. O incremento na capacidade de resposta em tarefas de tipo visuo-espacial após a exposição à música de Mozart desencadeou um auge comercial, no qual se tem dados isolados e se desconhecem os alcances reais que esta tem. Conclusões. Depois da revisão da literatura científica relacionada com o tema, concluiu-se que os efeitos da exposição à música de Mozart, 'efeito Mozart', quando se apresentaram, eram restritos a uma habilidade específica que não permaneceu por mais de alguns minutos. A educação musical formal, pelo contrário, mostra efeitos positivos mais permanentes mas atribuíveis à atenção individual que recebe o aluno e ao estímulo em habilidades básicas para as aprendizagens gerais. [REV NEUROL 2004; 39: 1167-73]

**Palavras chave.** Efeito Mozart. Funções cognitivas. Música. Música e funções cognitivas. Processamento cerebral da música. Tomatis.