

Música, lenguaje y emoción: una aproximación cerebral

José Luis Díaz¹

Actualización por temas

«La música se ubica sola frente a las demás artes... No expresa ninguna definitiva o particular alegría, tristeza, angustia, horror, deleite o sensación de paz, sino alegría, tristeza, angustia, horror, deleite o sensación de paz en sí mismas, en lo abstracto, en su natural esencia, sin accesorios y por ello sin sus motivos usuales. Y sin embargo nos permite aprehenderlas y compartirlas plenamente en su quintaesencia.»

Arthur Schopenhauer*

EMOCIÓN MUSICAL Y SEMÁNTICA MUSICAL

Para entrar en materia ofrezco una definición en revisión constante: la música es una construcción humana de sonidos encauzados la cual, mediante instrumentos finamente ajustados y una expresión motora optimizada, se constituye en un estímulo sonoro espaciotemporalmente organizado que resulta en una percepción auditiva compleja al estar dotada de estados emocionales y figurativos conscientes estéticamente significativos y culturalmente valorados. Si bien la definición trata de acoger los aspectos físicos, conductuales, neurofisiológicos, mentales y culturales, parece necesario subrayar que la emoción producida es un evento fundamental para que la música sea un fenómeno tan esencial y ubicuo de las sociedades humanas. Es así que desde tiempos inmemoriales y en todas las culturas conocidas la música ha sido creada, apreciada, danzada y gozada debido fundamentalmente a sus poderosos efectos sobre las emociones, los sentimientos, los estados de ánimo y las figuraciones mentales cuya correspondencia vincula de maneras múltiples y poderosas a seres humanos. Es entonces relevante al tema que nos ocupa hacer un resumen de las ideas sobre la emoción musical.

Algunos principios generales de la asociación entre la estructura musical y las emociones humanas han sido descubiertos y usados durante siglos por músicos entrenados y algunos eruditos de la música. Desde la época del Barroco se ha descrito en Europa que las claves mayores y los

tiempos rápidos causan alegría, que las claves menores y los tiempos lentos producen tristeza o que la disonancia produce ansiedad y miedo. Se han postulado relaciones específicas a partir del siglo XVII cuando Marc-Antoine Charpentier presenta una lista de 17 claves acopladas a estados de ánimo y sentimientos particulares:¹ Do mayor como música «alegre y guerrera», Mi bemol mayor como «cruel y severa», Sol mayor como «tranquilamente alegre» y así sucesivamente. Claro está que, como lo recuerda Freedberg, el impacto emocional de la música es mucho más complejo debido a las modulaciones no sólo de las claves, sino del ritmo, la armonía, la melodía, para no mencionar a las variaciones culturales, individuales y ambientales del auditorio en general y de cada escucha particular. Como adelanto de la propiedad semántica o al menos narrativa de la música, en el siglo XVIII Jean-Philippe Rameau establece reglas de tonalidad para que «la sucesión de tensiones y reposos momentáneos conduzcan al reposo final y para permitir la dilación de ese reposo».²

Varios filósofos, desde Arthur Schopenhauer (1788-1860), han sugerido repetidamente que las emociones pueden constituir el significado semántico de la música y que de alguna manera la música denota o incluso encarna a la emoción humana. En un párrafo citado por Bachelder (véase el epígrafe),³ Schopenhauer afirmó que la música es un

* Citado por Bachelder (1975, p 38). Traducción hecha por el autor de este artículo.

¹ Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina. Facultad de Medicina, UNAM.

Correspondencia: José Luis Díaz. Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina. Facultad de Medicina, UNAM. Palacio de Medicina. Brasil 33, Col. Centro, 06020 México, D.F. E-mail: jldiaz43@gmail.com

Recibido: 1° de septiembre de 2010. Aceptado: 4 de noviembre de 2010.

arte diferente a todas las demás porque no expresa ninguna particular alegría, tristeza, angustia, deleite o sensación de paz, sino cada una de estas emociones en sí mismas, en su esencia, sin accesorios ni motivos.

En su libro clásico de 1938 intitulado *Psychology of Music*, el psicólogo sueco-estadounidense Carl Seashore⁴ declaró que «la música es esencialmente un juego de sentimiento sobre sentimiento. Se aprecia sólo en la medida que despierta el sentimiento y sólo puede ser expresada mediante el sentimiento.» De acuerdo al clima conductista de esa época Seashore⁴ se concentró en la expresión musical considerando posible desarrollar un análisis científico de sus elementos conductuales. La contraparte de las emociones experimentadas por el oyente se menciona brevemente y sólo en términos de diferencias en la sensibilidad que no sólo son innatas, sino que pueden ser «intensificadas por el empeño.»

En 1942 la filósofa simbolista Susanne Langer⁵ realizó un argumento erudito y convincente en el sentido adelantado por Schopenhauer y concluyó que la música no sólo expresa y causa emociones, sino que es «acerca de la emoción.» Según su tesis la música es una formulación y representación de emociones, estados de ánimo, tensiones y resoluciones mentales, o bien, en sus palabras: «una figura lógica de vida sensible y responsiva, una fuente de intuición (*«insight»*), no un mero llamado a la simpatía» (p 188). Su alegato implica que la emoción musical se basa en representaciones mentales de tipo afectivo las cuales, en caso de existir, plantearían una relación y una diferencia con las representaciones semánticas de tipo proposicional o lingüístico.

En su texto clásico *Emotion and Meaning in Music*, el filósofo, compositor y teórico musical Leonard Meyer,⁶ de la Universidad de Chicago, continúa la investigación abierta por Susanne Langer⁵ a la luz de la teoría de la Gestalt y del pragmatismo de John Dewey, favoreciendo la posición expresionista en contra de la formalista, es decir la respuesta primariamente emocional antes que la intelectual de la música, aunque afirma la existencia y correspondencia de las dos. Meyer postula que las relaciones entre los diferentes elementos musicales son las responsables de las emociones en el escucha, acepta que puede también haber significados referenciales o extra musicales y que las emociones musicales pueden cambiar entre diferentes lugares y tiempos de la audición. Al mencionar que las emociones producidas por la música no conducen a los actos usuales asociados a ellas, Meyer postula una inhibición de los mecanismos motores asociados a las emociones. Es particularmente relevante la triple ecuación de Meyer (*expectación=emoción=significado*) al vincular a tres esferas de actos mentales, es decir la volición, el afecto y el símbolo, en una unidad psicológica que explique el sentido de la música. La fuente de la emoción musical sería así el suspenso tirante de la música que surge de expectativas o anticipaciones frustradas y colmadas por ella.

El tema de la semántica musical fue abordado en particular referencia a la sintaxis, en 1983, por el compositor y

teórico musical Fred Lerdhal y el filósofo del lenguaje Ray Jackendoff, previamente un colaborador de Noam Chomsky. Estos investigadores trabajaron cuidadosamente la estructura gramatical de la música, la llamada gramática-M, la cual, siguiendo un conjunto de reglas inconscientes, permite al escucha entender conscientemente la pieza.⁷ Diana Rafmann⁸ fue un paso más allá al argumentar que tenemos experiencias musicales de tipo emocional porque los sonidos organizados generan precisamente estas representaciones de gramática-M (p. 27) y que el significado de una pieza musical consiste en las emociones que resultan de la recuperación consciente de esas estructuras constitutivas de la pieza escuchada (p. 53). Ahora bien, dado que las emociones musicales no se pueden poner fácilmente en palabras ni tienen por ello un contenido proposicional preciso, deben ser consideradas representaciones conscientes no proposicionales; no formas sino *análogos* de la semántica del lenguaje verbal.

Es interesante notar que Rafmann desarrolla esta *quasi-semántica* musical en oposición a la idea previa de que el significado de la música es sencillamente la emoción. Ella argumenta fuertemente que las emociones primarias naturales, como son la alegría, la tristeza, el miedo, la ira, el desprecio o la sorpresa, no pueden constituir la semántica de la música pues en tanto estas últimas se desencadenan frente a estímulos relevantes y específicos, las emociones musicales no se producen por estímulos naturales, no contienen denotaciones concretas y no inducen respuestas conductuales adaptativas. En contraste con las expresiones faciales de las emociones básicas que en todas las culturas se originan ante estímulos relevantes de orden social o ecológico,⁹ las emociones musicales, incluso aquellas de gran intensidad, usualmente implican un rango limitado de gestos faciales. En efecto, la experiencia de escuchar música suele resultar en un rango limitado de expresiones motoras, más allá de impulsos para cantar, bailar, o marcar el ritmo mientras dura la música. La expresión motora más acabada y específica de la música es la danza y es probable que la estructura espaciotemporal de los movimientos corporales acoplados a la música provean de significaciones que serían importantes para comprender su semántica, lo cual es motivo de indagaciones particulares.¹⁰ Por su parte, Johnson-Laird y Oatley¹¹ también mantienen la idea de que si bien la música puede producir intensas emociones primarias como las arriba mencionadas, no se sigue que sea «acerca de ellas» en el sentido lingüístico o proposicional de los conceptos cuya referencia o contenido es un objeto o un proceso del mundo.

EMOCIÓN MUSICAL, REPRESENTACIÓN MENTAL Y LENGUAJE

Adscribimos propiedades emocionales a la música que escuchamos y al parecer esas propiedades coinciden con las

intenciones del compositor y las del ejecutante de la pieza. Raffmann (p 55)⁸ ha propuesto que la comunicación de emociones musicales ocurre porque se genera una correspondencia de representaciones musicales de tipo gramática-M entre compositor, intérprete y escucha. Dado que las propiedades comunicativas de la música se han probado adecuadamente^{12,13} no se puede negar que la música constituye un tipo de lenguaje, al menos en el sentido comunicativo que tiene la palabra, aunque las emociones que produce no puedan ser definidas en cuanto a sus contenidos y constituyan sencillamente sensaciones cualitativas o connotaciones, más que denotaciones o proposiciones.

Las investigaciones e ideas anteriores permiten suponer que la representación musical es un tipo particular de representación mental al tener una base sintáctica, una expresión consciente de tipo emocional o una expresión motora significada y estructurada en la danza. Al parecer se trata de una semántica afectiva de un alto nivel de integración en el que sin duda incide de manera central la cultura.¹⁴ Para admitir esta propuesta de representación musical será necesario modificar o extender el concepto de representación mental que en la ciencia cognitiva clásica se supone ocurre al final de un procesamiento sensorial dotado de un contenido semántico proposicional. La noción de representación en los paradigmas más actuales de la ciencia cognitiva implican que se trata de estructuras dinámicas no sólo cognitivas, sino de índole sensitivo-motora en forma de esquemas finalmente situados en estrecha relación con el mundo. Es en este sentido que podemos mantener la noción de una representación y por lo tanto de una semántica musical.

El crítico musical argentino Diego Fisherman² destaca que la música es direccional y se manifiesta respecto a la expectativa de movimiento, entre anhelo y resolución, por lo que tiene una cierta *narratividad* en el sentido de que cuenta algo que no se puede expresar sino en forma de imágenes visuales, táctiles y eventualmente en términos emocionales. Esta idea resume adecuadamente lo que se podría considerar como fundamento de una posible semántica musical. No solo las similitudes entre música y lenguaje han justificado la noción de «semántica musical»^{6,15,16} sino que Damasio¹⁷ y Mesulam¹⁸ consideran la atribución de significados a cualquier tipo de estímulo como propiamente semántica. En un capítulo ingeniosamente denominado «el tango cognitivo» el profesor de música Lawrence Zbikowski¹⁹ ha mostrado que la categorización, el mapeo trans-dominio y el uso de modelos conceptuales operan en los niveles básicos de la comprensión musical de tal forma que es probable que éstas y otras operaciones cognitivas fundamentales estén involucradas en la generación de las emociones musicales. En este sentido se sabe que los estímulos auditivos precisamente organizados que reconocemos como música requieren de la actividad coordinada de diferentes módulos cerebrales con capacidades cognitivas diversas para extraer significados de mensajes no verbales.^{18,20,21}

Ahora bien, a pesar de todas estas similitudes entre lenguaje proposicional y lenguaje musical, se debe reconocer que la principal diferencia entre música y lenguaje verbal estriba en la carencia de contenido proposicional de la música instrumental, un hecho contundente que no sólo impide una comparación plena sino que demanda una explicación satisfactoria por parte de una pretendida semántica musical. Podemos establecer la distinción en los siguientes términos: si el contenido proposicional es la característica psicológica central del lenguaje, la expresión y creación de emociones y figuraciones es el elemento psicológico central de la música instrumental. El hecho es que no sabemos cómo es que la música instrumental evoca en el escucha los notables efectos emocionales que desata en ausencia de contenido proposicional.

La idea de que la música sencillamente evoca en el escucha emociones sentidas en el pasado se contradice con el hecho de que es capaz de suscitar emociones novedosas y peculiares en el sentido mencionado de ausencia de estímulos naturales y respuestas adaptativas. Por ejemplo, la tristeza producida por algunas piezas de música no se asocia a la pérdida de un valor o a la frustración de un objetivo, como sucede normalmente en la vida habitual. Es particularmente notable el hecho de que éstos y otros sentimientos musicales puedan ser similares en cualidad y en ocasiones de magnitud mayor a las emociones producidas naturalmente. Aún más llamativo resulta que la gente atribuya un valor estético a emociones musicales de tipo negativo, como la tristeza, el agobio o el miedo, las cuales evita a toda costa en la vida diaria. Levinson²² considera este tipo de sentimientos musicales «emociones en espejo» porque la música no provoca la emoción típica que se suscita por estímulos naturales ecológicos o sociales los cuales están asociados con creencias, deseos y actitudes. De esta manera, Levinson estaría de acuerdo con Raffmann⁸ en considerarlas «análogos» emocionales y no emociones naturales propiamente dichas.

El gozo o la recreación de emociones negativas es un hecho característico del arte en general. Davies²³ considera que encontramos gratificante una forma de comprensión o de entendimiento; una epistemología artística de «sin dolor no hay ganancia» («*no pain no gain*»). Puede también inferirse que experimentar emociones negativas fuera del ambiente de peligro que éstas usualmente implican es una forma de pretensión o de simulación que recuerda a la conducta de juego.²⁴ Los objetos y procesos de arte representan estímulos artificiales que son implícitamente tomados por el espectador o el escucha como diferentes en esencia de los estímulos naturales en el sentido amplio y mimético en el que son tomados los juegos y los juguetes. Sin embargo la comparación no es del todo convincente pues las emociones que se presentan en el juego no llegan a ser de la cualidad o la intensidad con las que ocurren las genuinas o sus análogos musicales. Así, aunque todo arte es ar-

tificio, la música está dotada de poderes miméticos para inducir emociones intensas y profundas aunque sin una causa discernible ni efecto adaptativo al menos en un sentido obvio como el huir ante un estímulo peligroso en referencia la emoción de miedo. La pregunta que se plantea es por qué y de qué manera la música tiene la propiedad de inducir emociones musicales.

EMOCIÓN MUSICAL Y CEREBRO

Aparte de las dificultades que entraña comprender su estatus ontológico y estético, el problema de analizar a la emoción musical no estriba solamente en que la emoción es primariamente un estado subjetivo sino que parece particularmente difícil entrever y analizar las razones por las cuales una estructura musical es responsable de una emoción determinada. Al tratar sobre la emoción musical y sus causas hay que tomar en cuenta que la música debe incidir de alguna manera en el sistema mente/cerebro* para producir estados emocionales particulares en los escuchas. Para abordar esta cuestión es necesario distinguir de inicio la pregunta distal de cómo durante el proceso evolutivo se acondicionó al sistema mente/cerebro para apreciar y gozar la música, un tema que interesó al propio Darwin²⁵ y sigue levantando polémica actualmente^{26,27} y la cuestión proximal de cómo la función cerebral se correlaciona con las emociones provocadas por la música, dos cuestiones necesariamente relacionadas pero que presentan requerimientos metodológicos distintos.²⁸ En lo que resta de esta sección y en la siguiente me abocaré a la segunda cuestión, es decir al problema del fundamento fisiológico de la emoción musical. El problema tiene una dimensión práctica y empírica en referencia a los procesos cerebrales que se requieren y se involucran para permitir la respuesta emocional a la música y otra dimensión más teórica y general de la razón por la cual la música incide en la función nerviosa para permitir la emoción musical.

La respuesta a este último y fascinante misterio debe ser una correspondencia entre las estructuras sonoras espaciotemporales de la música y las estructuras espaciotemporales del procesamiento cerebral, las cuales hemos postulado como homólogas en el sentido de constituir procesos pautados isomórficos de índole psicofísica.^{29,30} De acuerdo con esta hipótesis general se podría decir que las emociones y sentimientos se transforman en las estructuras musicales que corresponden de alguna manera a esas emociones. El porqué acontece esto es un tema relevante para la neurociencia cognitiva y en particular para la

neuroestética planteada por Zeki,³¹ una interdisciplina situada entre la neurociencia y las artes. Los estudios de las bases neurológicas de la música se inscriben en este abordaje de analizar la actividad cerebral durante la experiencia estética, que abre un fascinante campo interdisciplinario entre disciplinas biológicas, humanidades y artes.

El estudio empírico del cerebro humano en funciones cuando el sujeto está procesando estímulos musicales y experimentando estados emocionales conscientes que puede, de diversas maneras, comunicar al investigador, ofrece ya algunos resultados que enriquecen la discusión y se vuelven relevantes para el tema de la semántica musical. En las últimas décadas se ha desarrollado un campo de investigación extenso en relación a la expresión sonora y muchos aspectos psicofísicos y psicofisiológicos de la percepción y cognición musicales. Se conocen cada vez mejor las respuestas cerebrales a rasgos musicales muy diversos, tales como la melodía,³²⁻³⁴ la información tonal,^{35,36} el timbre musical,³⁷ o la estructura temporal y rítmica.^{38,39} En cambio, se conoce menos la experiencia afectiva de escuchar música. De hecho, la investigación científica sobre la emoción musical se ha producido en tiempos recientes a partir del cambio de siglo (para una revisión inicial ver Juslin y Sloboda, 2001).¹² En particular se han investigado las constantes y las variables culturales en la percepción de la emocionalidad en la música,¹⁴ el incremento en la valoración de imágenes afectivas que es capaz de producir la música.⁴⁰ Destacan en la investigación sobre neurociencia afectiva de la música el grupo de Roberto Zatorre e Isabel Peretz, en el Instituto Neurológico de la Universidad McGill, en Montreal, y el grupo de Psicología de la Música de Patrik Juslin y John Sloboda, en la Universidad de Uppsala, en Suecia.

La emoción musical presenta dificultades particulares que necesitan resolverse para realizar estudios objetivos. Por ejemplo, por el momento no existe un procedimiento científico estandarizado para conocer objetivamente los eventos y procesos emocionales con suficiente confianza. Está claro que el progreso en el entendimiento de la emoción musical depende crucialmente del desarrollo de métodos seguros para registrar y analizar los procesos afectivos. Otra dificultad metodológica consiste en la selección adecuada de los estímulos musicales que evoquen emociones particulares. La música consiste en el flujo temporal altamente organizado de estímulos auditivos de tal manera que la comprensión y la emoción musical ocurre en ventanas de tiempo relativamente prolongadas, entre segundos y minutos. Dado que el arreglo intrincado de los elementos sonoros es lo que evoca una respuesta afectiva particular^{41,42} se ha hecho cada vez más necesario el usar música real como estímulo experimental.⁴³ Específicamente las llamadas obras maestras se caracterizan por la manipulación experta de los recursos y elementos sonoros para obtener la expresión de una idea que evoque emociones

* El sistema mente/cerebro implica una unidad ontológica de los procesos mentales y cerebrales que si bien se manifiesta de manera distinta como conciencia y fisiología nerviosa, debe tener una correspondencia final (véase Díaz, 2007)

definidas. Por esta razón se ha utilizado crecientemente música instrumental de obras maestras para analizar los correlatos neurológicos de la respuesta afectiva a la música. Por ejemplo, en trabajos pioneros, se ha visto que la actividad eléctrica del hipocampo cambia en intervalos de música disonante e inquietante⁴⁴ o bien que ocurre un incremento de actividad theta y una disminución de actividad alfa con música agradable.⁴⁵

La disponibilidad actual de técnicas de imágenes cerebrales no invasivas ha hecho posible analizar estados cognitivos sutiles y diversos en términos de los sustratos neurológicos que los permiten. Con estos y otros recursos los fundamentos cerebrales de la emoción musical se han empezado a abordar de manera empírica. Panksepp y Bernatzky²⁸ han revisado extensamente las formas en las que la música promueve cambios emocionales y conductuales, incluyendo sus efectos sobre la memoria, el ánimo, la actividad cerebral y las respuestas autonómicas. Blood y Zatorre⁴⁶ mostraron que las emociones musicales intensas acompañadas de estremecimiento requieren de la actividad de estructuras del sistema límbico y paralímbico en integración con la información sensorial y cognitiva. Una integración de estructuras límbicas, perceptuales y cognitivas, fue encontrada también en sujetos sin entrenamiento musical al experimentar sentimientos agradables al escuchar pasivamente trozos de música novedosos para ellos.^{47,48}

La emoción musical probablemente emerge de la activación inicial de regiones cerebrales directamente involucradas en la percepción musical y de la activación subsiguiente de sistemas emocionales ligados a la percepción sensorial, además de la activación coherente de zonas de la corteza cerebral involucradas en la extracción de significado musical.⁴⁹ Se puede dar por cierta una disociación ente los hemisferios derecho e izquierdo del cerebro durante las emociones musicales agradables y desagradables porque los afectos positivos y negativos parecen involucrar al hemisferio izquierdo y al derecho respectivamente.^{48,50-52} En el mismo sentido, al usar estímulos musicales Gagnon y Peretz³⁴ encontraron una ventaja del hemisferio izquierdo para calificaciones agradables de melodías tonales y atonales, una activación de regiones izquierdas fronto-temporales durante emociones musicales positivas y del hemisferio derecho en su porción anterior cuando se reportaron emociones musicales negativas.^{42,53}

LA EMOCIÓN MUSICAL COMO PROYECTO DE UN GRUPO DE LA UNAM

A partir del año 2000 y en relación al trabajo de posgrado del médico y músico Enrique Flores, se agrupó un equipo de investigación en la UNAM formado por el laboratorio de María Corsi-Cabrera, de la Facultad de Psicología, con años de experiencia en técnicas electrofisiológicas en rela-

ción a diversos estados mentales, el laboratorio del doctor Fernando Barrios, del Instituto de Neurobiología, experto en imágenes cerebrales de tipo metabólico, en particular la resonancia magnética funcional, y quien esto escribe interesado en la psicobiología, la neurociencia cognitiva de la conciencia y la epistemología, actualmente adscrito a la Facultad de Medicina. El área de interés de este grupo interdisciplinario ha sido precisamente el de la emoción musical y sus fundamentos cerebrales.

El primer estudio, que correspondió a la tesis de maestría de Enrique Flores⁵⁴⁻⁵⁶ se realizó con el objeto de avanzar y probar una técnica diseñada para el estudio de emociones humanas provocadas por la música. En particular analizamos si diferentes piezas musicales evocan un acuerdo significativo en la selección de términos de la emoción entre una población comparable de sujetos humanos. El sistema de atribución permitió obtener respuestas objetivas derivadas de la introspección a segmentos musicales, y analizar los datos mediante un procesamiento estadístico apropiado en grupos de sujetos sometidos a estímulos musicales cuidadosamente seleccionados. Los sujetos fueron 108 estudiantes de ambos sexos de cuatro escuelas de nivel superior con una edad promedio de 22 años. Las sesiones duraron 90 minutos y se realizaron en un salón adaptado en cada centro pedagógico, donde se reprodujeron 10 obras musicales: cinco del repertorio clásico, cuatro del inventario popular propio y ajeno, así como una sonorización del espectro de la aurora boreal. Los fragmentos seleccionados y sus réplicas, divididas en dos a cinco segmentos, se reprodujeron con diferente orden en cada prueba. En la audición se tocaron los segmentos extraídos de la misma obra y el oyente escogió términos de la emoción que mejor identificaran su respuesta afectiva. Para ello se proveyó a los sujetos de un esquema circular de términos de la emoción a partir de un listado de más de 400 palabras en castellano que denominan emociones particulares. Estos términos fueron previamente agrupados en 28 campos semánticos acomodados en 14 ejes de polaridades afectivas opuestas en un modelo circular del sistema afectivo.⁵⁷ Los datos de los grupos se juntaron en las 28 categorías emocionales y en un primer paso se probó la diferencia entre los segmentos musicales.

Para establecer en cuáles segmentos estaban las principales diferencias significativas, se aplicó la extensión de la prueba de Friedman, con lo cual se obtuvo el perfil emocional específico de cada fragmento de música para esta población. Los resultados muestran que en todos los segmentos musicales hay predominio significativo de uno o más campos de la emoción y que éstos son diferentes para la mayoría de los segmentos. Si los términos de la emoción elegidos correspondían a estados emocionales específicos, como parece ser el caso, los segmentos musicales generan una respuesta emocional semejante entre los escuchas en función de las características de su composición. Este pri-

mer experimento, y otros realizados previamente, proveen de un criterio relativamente certero para la selección de estímulos musicales en función de las emociones particulares que generan, condición necesaria para realizar experimentos de neurociencia cognitiva que requieren estímulos bien caracterizados en referencia a la tarea o a la respuesta mental que evocan.

Para investigar el fundamento nervioso de la emoción musical en experimentos ulteriores fue necesario cubrir varias etapas. La primera fue precisamente escoger como estímulos musicales obras maestras de la música culta, calibradas por su capacidad de inducir emociones positivas de placer y negativas de displacer en numerosos grupos de sujetos. La segunda decisión fue utilizar escalas de adjetivos que denotan emociones para medir la emoción subjetiva inducida por la música que han sido validadas previamente en grupos independientes de sujetos y cuya estructura identifica cinco factores independientes: emociones agradables, emociones desagradables, tristeza, activación y atención. Estas dos etapas habían sido adecuadamente cubiertas tanto por el estudio arriba referido de Enrique Flores⁵⁴⁻⁵⁶ como por el grupo de María Corsi.⁵⁸ Finalmente, elegimos dos técnicas de imágenes cerebrales para investigar la activación cerebral, la actividad eléctrica cerebral y la resonancia magnética funcional en voluntarios sin entrenamiento musical, mientras escuchaban estas obras maestras de la música, desconocidas para ellos y que previamente habíamos seleccionado por su capacidad para generar emociones musicales agradables y desagradables.

El electroencefalograma (EEG) es un método adecuado para seguir momento a momento los cambios inducidos por la escucha prolongada de la música y permite el análisis de ventanas particulares de tiempo en periodos de interés.⁵⁹⁻⁶¹ En nuestro grupo de investigación utilizamos una técnica basada en el EEG para medir la correlación entre los ritmos de diferentes zonas cerebrales con la consecutiva generación de imágenes de sincronización cerebral. La teoría indica que los diferentes sistemas y módulos de neuronas tienen la capacidad de modificar su actividad mediante influencias mutuas tanto excitatorias como inhibitorias en tiempos muy cortos. La simultaneidad funcional de las áreas se manifiesta mediante la sincronización de sus oscilaciones lo cual integra las entradas y salidas de cada sistema y se registra en los electrodos colocados sobre el cuero cabelludo del sujeto. En los experimentos usamos la medida de la correlación entre los diferentes pares de electrodos, en el supuesto de que un incremento o un decremento en el acoplamiento durante una emoción musical particular, refleja influencias globales de los sistemas locales de neuronas involucrados en tal emoción. En otras palabras, suponemos que el nivel de acoplamiento de los diferentes sistemas neuronales locales contribuye a generar la valencia hedónica de agrado o desagrado que el sujeto siente durante la escucha de la pieza seleccionada.

Por su parte, las técnicas metabólicas mediante resonancia magnética funcional (RMF) permiten el desarrollo de imágenes cerebrales relacionadas a la irrigación de sangre, utilización de azúcar, consumo de oxígeno y otras variables que se requieren en diferentes grados, dependiendo de la actividad de las diferentes regiones, módulos y centros del cerebro. El visualizar el nivel de funcionamiento de estos fenómenos fisiológicos da una información indirecta pero bastante precisa del nivel de actividad neuronal local. A pesar de ser mediciones indirectas, estas imágenes tienen la ventaja de proporcionar una buena resolución espacial, de tal manera que es posible visualizar la actividad de puntos cada vez más pequeños en el encéfalo, del orden de unos cuantos milímetros. En algunos experimentos fue posible emplear las dos técnicas en la misma tarea, en este caso durante la escucha de la misma pieza musical, para obtener una información comparativa de zonas de activación metabólica y de acoplamiento eléctrico en tiempos distintos. De esta manera, en tanto que la RMF permite visualizar las zonas activas del cerebro durante la escucha musical, el EEG permite seguir los cambios inducidos por el flujo continuo de los sonidos musicales y obtener un promedio temporal de la actividad cerebral.

Para inducir emociones musicales placenteras y relajadas se presentó a los sujetos una pieza suave de piano en *tempo andante* (*Invencción para tres voces, BWV 789*, de J.S. Bach) y otra orquestal vigorosa y dramática para inducir activación además de agrado (segundo movimiento, *allegro-agitato*, de la *sinfonía número 5* de G. Mahler). Para inducir emociones desagradables se utilizó una composición inquietante de Prodnomidès para la película *Dantón*. Cada pieza se dividió en segmentos consecutivos de 30 segundos intercalados con ruido blanco (estática de radio) de la misma duración. Después de cada pieza, los sujetos evaluaron sus emociones en 19 escalas. Se obtuvieron las redes coherentes para cada tipo de emoción, y como control las inducidas por el promedio de los tres fragmentos musicales y por ruido. En estos estudios^{55,56,62} obtuvimos imágenes eléctricas y metabólicas en 19 voluntarios sin entrenamiento musical quienes escucharon 10 segmentos consecutivos de cada una de las piezas de Bach, Mahler y Prodnomidès alternando con ruido de estática como control para un total de 30 minutos de estimulación auditiva. A los voluntarios se les pidió únicamente que prestaran atención a la música.

Para identificar a las emociones musicales de manera separada o independiente de los rasgos generales de la música utilizamos la estrategia de sumar los efectos de las partituras calificadas como agradables (Bach y Mahler) pues la composición, estructura e interpretación difieren ampliamente entre ellas: la primera es una pieza suave y agradable para piano sólo y la segunda una pieza vigorosa para gran orquesta. De esta forma los efectos diferentes se neutralizan y sólo se visualizan las áreas involucradas en los sentimientos agradables, en especial al restar estas imágenes de aquellas

provocadas por la música desagradable de Prodnromidès. El análisis de los fundamentos cerebrales de la música desagradable fue realizada mediante la operación contraria.

Nuestros resultados indican que ambos procedimientos distinguen a las emociones placenteras de las desagradables inducidas por la música. La emoción musical agradable (Bach+Mahler-Prodnromidès) se caracteriza por la actividad de una amplia red cortical que incluye la zona primaria auditiva izquierda, y las regiones temporal posterior, parietal inferior y prefrontales. Mientras la región auditiva primaria puede proveer de una cualidad afectiva temprana, las áreas cognitivas izquierdas pueden facilitar los sentimientos agradables cuando las secuencias melódicas siguen reglas sintácticas esperadas. De hecho las emociones musicales desagradables (Prodnromidès-Bach+Mahler) incluyen la actividad de regiones derechas frontopolares y paralímbicas. Cuando sumamos las tres partituras y las comparamos con el ruido blanco, además de la actividad esperada de ambas regiones auditivas primarias, se activaron el polo temporal izquierdo, la circunvolución frontal inferior y el área frontopolar, sugiriendo que se necesitan de procesamientos lingüísticos y cognitivos en la respuesta general a la música, independientemente de su efecto emocional.

EMOCIÓN MUSICAL, NEUROCIENCIA Y ESTÉTICA

Nuestros resultados contradicen en gran medida la idea de que el hemisferio derecho provee el elemento fundamentalmente prosódico de la expresión y valoración de la música en tanto que el hemisferio izquierdo participa en sus aspectos analíticos que se desarrollan durante la educación y el entrenamiento musicales. Nuestros sujetos no tenían educación musical formal y sus emociones musicales agradables se correlacionaron con la activación del hemisferio izquierdo, en tanto que las emociones negativas se correlacionaron más con la activación del hemisferio derecho, lo cual sugiere que un elemento clave en la valencia o valor hedónico de la música es la predictibilidad sintáctica de la melodía.⁵³ De esta manera se puede afirmar que el sustrato nervioso de la emoción musical no solamente depende de los efectos directos o indirectos (es decir mediados cognitivamente) de circuitos subcorticales y límbicos del cerebro humano que sin duda son esenciales para generar procesos afectivos,^{28,47} sino que dependen de la activación de redes extensas tanto de estructuras subcorticales como de la corteza cerebral.

Se puede sugerir que el significado emocional de la música sólo se integra en los estratos neocorticales que se entrelazan con los sistemas cerebrales del lenguaje. En este sentido debemos distinguir a las emociones básicas que dependen fuertemente de las estructuras límbicas subcor-

tales, de las emociones superiores que participan intrínsecamente de la cognición y la semántica. Un tipo bien estudiado de tales emociones superiores dependientes de la cognición son las emociones morales que se supeditan a sistemas de creencias y valores⁶³ y el otro es precisamente el de las emociones musicales que dependen de la sintaxis melódica y de diversos símbolos sonoros⁷ para integrar representaciones no referenciales propiamente musicales.^{8,22}

Parece verosímil postular que las amplias redes neuronales involucradas en el procesamiento de música agradable y que implican al hemisferio dominante para la destreza manual y el lenguaje son en cierta medida las mismas que se utilizan en el procesamiento del lenguaje. La estructura narrativa estaría siendo usada en el lenguaje y en la música para la generación de emociones musicales utilizando un sustrato común para dos medios o tareas fenomenológicamente distintas. Los dos medios distintos se hacen evidentes porque la música no tiene las mismas características que el lenguaje verbal, como son las connotaciones y los significados verbales, sin embargo es factible que ambos sigan ciertas reglas sintácticas que son cruciales para que tengamos emociones musicales agradables si las reglas se siguen o desagradables si se soliviantan. En nuestros experimentos esta posibilidad está implícita en el hecho de que dos piezas muy distintas, la apacible y relajante para piano solo de Bach y la vigorosa para gran orquesta de Mahler compartan las mismas redes de procesamiento en el hemisferio izquierdo, probablemente porque comparten ciertas expectativas sintácticas, en tanto la pieza desagradable de Prodnromidès, que se cataloga como carente de reglas, engarza de manera predominante al hemisferio derecho.

Estos resultados apoyan la idea de Diana Raffmann (1993) de que existe una relación connotativa entre la música y la experiencia emocional afectiva, definida por ciertas similitudes en la forma lógica. También apoyan la noción de Zbikowski¹⁹ en el sentido de que son necesarias las capacidades cognitivas superiores para la comprensión adecuada de la música. Una vez más parece fortalecerse la idea de que ciertos aspectos de la fisiología del sistema mente/cerebro tiene propiedades formales similares a las pautas musicales de movimiento y reposo, de tensión y liberación, de acuerdo y desacuerdo, que son indispensables para la connotación de la experiencia musical. Parece posible el considerar que las pautas sonoras espaciotemporales provocan pautas de coherencia entre módulos cerebrales y que el nivel de coherencia es interpretado como un gradiente relacionado de valencia emocional, en el sentido de que las pautas coherentes se interpretan como agradables y las incoherentes como desagradables.

La música probablemente deriva su potencia afectiva de los procesos dinámicos del cerebro que normalmente controlan aquellas emociones que se encuentran altamente integradas a procesos cognitivos. La evidencia obtenida por va-

rios grupos de investigación en neurociencia cognitiva indica que tales sistemas no sólo incluyen a estructuras subcorticales del sistema límbico que están claramente implicadas en la vida emocional y que se ha mostrado están también comprometidas en ciertas emociones intensas al escuchar música,^{28,46,47} sino que subrayan fuertemente la participación de estructuras neocorticales usualmente asociadas a procesos cognitivos en la experiencia de la emoción musical. La participación de estas áreas, en particular amplias zonas del hemisferio izquierdo durante la experiencia musical placentera, sugiere que parte de las propiedades y efectos emocionales tiene que ver con las propiedades gramaticales y simbólicas de la música, las cuales, en similitud de lo que ocurre en el lenguaje proposicional, enganchan a los sistemas representacionales y simbólicos del sistema mente-cerebro.

Desde luego que debemos también estar de acuerdo que la emoción musical depende y se desarrolla progresivamente a partir de los diversos niveles, desde la entrada de la señal en la cóclea y el procesamiento sucesivo de las señales en los diferentes relevos de la vía auditiva.⁶⁴ Lo que defendemos aquí es que finalmente es necesaria la participación de estructuras cognitivas superiores para que se desarrolle la emoción musical. Uno de nuestros hallazgos más notables, la activación de las áreas primarias de la sensación auditiva en la corteza temporal del cerebro durante la emoción musical, apoya esta noción. El modelo que se perfila de estas investigaciones es que la emoción musical, en paralelo con otras emociones y procesos cognitivos superiores, se integra progresivamente a lo largo de los relevos de la vía auditiva pero que no termina en las zonas de recepción primaria de la sensación sonora ni en la activación de las estructuras subcorticales del sistema límbico, sino que el estímulo es finalmente procesado mediante una dinámica intermodular en áreas extensas del cerebro para integrar la experiencia musical afectiva y consciente.³⁰

En referencia a la naturaleza misma de la emoción musical en el marco de la emergente disciplina de la neuroestética, nuestros resultados concuerdan con la idea de que la emoción musical difiere de las emociones básicas evocadas por estímulos ecológicos y sociales que involucran predominantemente zonas límbicas y paleocorticales del cerebro. Los efectos afectivos sorprendentemente miméticos de la música requieren mecanismos simbólicos de alta jerarquía funcionando al unísono con cosmovisiones culturales y resultan en experiencias emocionales particulares.

Las estructuras plásticas y artificiales que reconocemos como artes, tales como la interpretación de la música, que significativamente en inglés se denomina «*music playing*», son capaces de representar, expresar y acarrear significados simbólicos al extender y trascender a los estímulos naturales mediante la gestación de experiencias humanas profundamente significativas de tipo emocional, figurativo, cognitivo, volitivo y motor, al involucrar redes neuronales neocorticales extensas y profundamente semánticas.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece cumplidamente a los miembros del grupo de neurociencia de la emoción musical de la UNAM, en particular a María Corsi, Fernando Barrios, Yolanda del Río y Enrique Flores por su estimulante colaboración en los experimentos y las discusiones sobre la música. Mucho de lo que se discute y revisa en el presente artículo aparece en una versión previa en un libro internacional sobre investigación en música (Díaz, JL et al. Musical emotion assesment, brain correlations and gender differences. En: Ivanova TE (ed.): *MUSIC: Composition, Interpretation and Effects*. New York, Nova Science Publishers Inc. 2010).

REFERENCIAS

1. Freedberg D. Composition and emotion. En: *The artful mind. Cognitive science and the riddle of human creativity*. USA: Turner M (ed.). Oxford University Press; 2006: pp.73-92.
2. Fisherman D. Música (aún) contemporánea. México: Letras Libres, 2009;XI(124):14-17.
3. Bachelder L. *The gift music*. Mount Vernon, New York: The Peter Pauper Press; 1975.
4. Seashore CE. *Psychology of music*. New York: Dover Publications Inc.; 1938/1967.
5. Langer SK. (1942/1951). *Philosophy in a New Key*. New York: Mentor Books; 2003.
6. Meyer L. *Emotion and meaning in music*. Chicago, Ill: The University of Chicago Press; 1956.
7. Lerdahl F, Jackendoff R. *A generative theory of tonal music*. Cambridge: MIT Press; 1983/1996.
8. Raffmann D. *Language, music, and mind*. Cambridge, MA.: MIT Press. A Bradford Book; 1993.
9. Ekman P. An argument for basic emotions. *Cognition Emotion* 1992;6:169-200.
10. Dallal A. *Los elementos de la danza*. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2007.
11. Johnson-Laird PN, Oatley K. Emotions, music and literature. En: Lewis M, Haviland-Jones J, Feldman-Barrett LF (eds.). *Handbook of Emotions*. Tercera edición. New York: Guilford Press; 2008.
12. Juslin PN, Sloboda JA (eds.). *Music and emotion: Theory and research*. Oxford: Oxford University Press; 2001.
13. Juslin PN. From mimesis to catharsis: expression, perception, and induction of emotion in music. En: Miell D, MacDonald R, Hargreaves J (eds.). *Musical communication*. New York: Oxford University Press; 2005; pp.85-115.
14. Balkwill L, Thompson WF. A cross-cultural investigation of the perception of emotion in music: psychophysical and cultural cues. *Music Perception* 1999;17:43-64.
15. Robinson J (ed.). *Music and meaning*. Ithaca and London: Cornell University Press; 1997.
16. Brown S. Are music and language homologues? *Annals New York Academy Sciences* 2001;930:372-374.
17. Damasio AR. Time-locked multiregional retroactivation: a systems level proposal for the neural substrates of recall and cognition. *Cognition* 1989;33:25-62.
18. Mesulam MM. From sensation to cognition. *Brain* 1998;121:2-52.
19. Zbikowski LB. The cognitive tango. En: *The artful mind. cognitive science and the riddle of human creativity*. Turner M (ed.). Oxford University Press; 2006; pp.115-132.
20. Michel CM, Thut G, Morand S, Khateb A et al. Electric source imaging of human brain functions. *Brain Research. Brain Research Reviews* 2001;36:108-118.

21. Newman J. Putting the puzzle together, Part I: towards a general theory of the neural correlates of consciousness. *J Consciousness Studies* 1997;4:47-66.
22. Levinson J. Music and negative emotion. En: Robinson J (ed.). *Music and meaning*. Ithaca and London: Cornell University Press; 1997; pp.215-241.
23. Davies S. Why listen to sad music if it makes one feel sad? En: Robinson J (ed.). *Music and meaning*. Ithaca and London: Cornell University Press; 1997; pp.242-253.
24. Walton K. *Mimesis as make-believe: On the foundations of the representational arts*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1990.
25. Darwin C. *The descent of man and selection in relation to sex*. New York: Appleton and Co.; 1872.
26. Huron D. Is music an evolutionary adaptation? *Annals New York Academy Sciences* 2001;930:43-51.
27. Fukui H. Music and testosterone: a new hypothesis for the origin and function of music. *Annals New York Academy Sciences* 2001;930:448-451.
28. Panksepp J, Bernatzky G. Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behavioral Processes* 2002;60(2):133-155.
29. Díaz JL. A patterned process approach to brain, consciousness, and behaviour. *Philosophical Psychology* 1997;10:179-195.
30. Díaz JL. *La conciencia viviente*. México: Fondo de Cultura Económica; 2007.
31. Zeki S. *Inner vision. An exploration of art and the brain*. Oxford University Press; 1999 / 2003.
32. Zatorre R, Evans A, Meyer, E. Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *J Neuroscience* 1994;14:1908-1919.
33. Patterson RD, Uppenkamp S, Johnsrude IS, Griffiths T. The processing of temporal pitch and melody information in auditory cortex. *Neuron* 2002;36:767-776. (Proceedings of the National Academy of Sciences USA; 98; pp.11818-11823).
34. Gagnon L, Peretz I. Laterality effects in processing tonal and atonal melodies with affective and non-affective task instructions. *Brain Cognition* 2000;43:206-210.
35. Zatorre RJ. Neural specializations for tonal processing. *Annals New York Academy Science* 2001;930:193-210.
36. Janata P, Birk JL, vHorn JD, Leman M et al. The cortical topography of tonal structures underlying western music. *Science* 2002;298:2167-2170.
37. Halpern AR, Zatorre RJ, Bouffard M, Johnson A. Behavioral and neural correlates of perceived and imagined musical timbre. *Neuropsychologia* 2004;42(9):1281-1292.
38. Sakai K, Hikosaka O, Miyauchi S, Ryouyuke T et al. Neural representation of a rhythm depends on its interval ratio. *J Neuroscience* 1999;19:10074-10081.
39. Samson S, Ehrle N, Baulac M. Cerebral substrates for musical temporal processing. *Annals New York Academy Science* 2001;930:166-178.
40. Baumgartner T, Lutz K, Schmidt CF, Jäncke L. The emotional power of music: how music enhances the feeling of affective pictures. *Brain Research* 2006;1075(1):151-164.
41. Hevner K. Experimental studies of the elements of expression in music. *American J Psychology* 1936;48:246-268.
42. Altenmüller EO, Shurman K, Lim VK, Parlitz D. Hits to the left, flops to the right: different emotions during listening to music are reflected in cortical lateralization patterns. *Neuropsychologia* 2002;40:2242-2256.
43. Krumhansl CL. Dissecting the perceptual components of music. *Annals New York Academy of Sciences*; 2003; 999 pp.103-105.
44. Wieser HG, Mazzola G. Musical consonances and dissonances: are they distinguished independently by the right and left hippocampi? *Neuropsychologia* 1986;24:805-812.
45. Ramos J, Corsi-Cabrera M. Does brain electrical activity react to music? *International J Neuroscience* 1989;47:351-357.
46. Blood AJ, Zatorre RJ. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2001;25:98(20):11818-11823.
47. Brown S, Martínez MJ, Parsons LM. Passive music listening spontaneously engages limbic and paralimbic systems. *NeuroReport* 2004;15:2033-2037.
48. Koelsch S, Fritz T, vCramon DY, Müller K et al. Investigating emotion with music: an fMRI study. *Human Brain Mapping* 2006;27:239-250.
49. Levitin DJ. *This Is Your Brain on Music: The Science of a Human Obsession*. USA: Dutton Adult, Plume Editions; 2006.
50. Davidson RJ. Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain Cognition* 1992;20:125-151.
51. Blood AJ, Zatorre RJ, Bermudez P, Evans AC. Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience* 1999;2:382-387.
52. Herrington JD, Mohanty A, Koven NS, Fisher JE et al. Emotion-modulated performance and activity in left dorsolateral prefrontal cortex. *Emotion* 2005;5(2):200-207.
53. Schmidt LA, Trainor LJ. Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions. *Cognition Emotion* 2001;15:487-500.
54. Flores-Gutiérrez EO. *La respuesta emocional a la música: atribución de términos de la emoción a segmentos musicales*. Tesis de maestría en Neurobiología. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2001.
55. Flores-Gutiérrez EO, Díaz JL. The emotional response to music: attribution of emotion words to musical segments. *Salud Mental* 2009;32(1):21-34.
56. Flores-Gutiérrez EO, Díaz JL, Barrios FA, Guevara MA et al. Differential alpha coherence hemispheric patterns in men and women during pleasant and unpleasant musical emotions. *International J Psychophysiology* 2009;71(1):43-49.
57. Díaz JL, Flores E. La estructura de la emoción humana: un modelo cromático del sistema afectivo. *Salud Mental* 2001;24(4):20-35.
58. Ramos J, Guevara MA, Martínez A, Arce C et al. Evaluación de los estados afectivos provocados por la música. *Revista Mexicana Psicología* 1996;13:131-145.
59. Ogata S. Human EEG responses to classical music and simulated white noise: effects of a musical loudness component on consciousness. *Perceptual Motor Skills* 1995;80:79-90.
60. Bhattacharya J, Petsche H, Pereda E. Long-range synchrony in the gamma band: role in music perception. *J Neuroscience* 2001;21:6329-6337.
61. Patel AD, Balaban E. Temporal patterns of human cortical activity reflect tone sequence structure. *Nature* 2000;404:80-84.
62. Flores-Gutiérrez EO, Díaz JL, Barrios FA, Favila-Humara R et al. Metabolic and electric brain patterns during pleasant and unpleasant emotions induced by music masterpieces. *International J Psychophysiology* 2007;65(1):69-84.
63. Mercadillo, R.E., Díaz, J.L., Barrios, F.A. (2008) *Neurobiología de las emociones morales*. *Salud Mental* 2007;30(3):1-11.
64. Juslin PN, Västjäll D. Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral Brain Sciences* 2008;31:559-621.

Artículo sin conflicto de intereses