

Efectos de la percepción de dos estilos musicales sobre el nivel y localización de la actividad electroencefalográfica en músicos pertenecientes a contextos culturales occidental e indígena*

EFFECTS OF THE PERCEPTION OF TWO MUSICAL STYLES ON THE LEVEL OF LOCALIZATION OF EEG ACTIVITY IN MUSICIANS BELONGING TO WESTERN AND INDIGENOUS CULTURAL CONTEXTS

EFEITOS DA PERCEPÇÃO DOS ESTILOS MUSICAIS SOBRE O NÍVEL DA LOCALIZAÇÃO DA ATIVIDADE ELETROENCEFALOGRAFICA EM MÚSICOS PERTENCENTES A CONTEXTOS CULTURAIS OCIDENTAL E INDÍGENA

Juan Daniel Gómez**

María Fernanda Gutiérrez***

Fecha de recepción: 7 DE SEPTIEMBRE DE 2009 | Fecha de aceptación: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2009
Encuentre este artículo en <http://www.javeriana.edu.co/revistas/Facultad/artes/cuadernos/index.html>

Resumen

Los estudios sobre música han mostrado ser claves para indagar sobre cómo el cerebro se modifica con la experiencia. El objetivo del presente estudio es indagar por el tipo, nivel y localización de la actividad electroencefalográfica en músicos acordeonistas pertenecientes a diferentes contextos culturales, durante la percepción musical de piezas clásicas e indígenas interpretadas con acordeón. Para esta investigación, se utilizó la metodología de mapeo cerebral con electroencefalograma. El análisis teórico se hizo con base en el modelo de percepción musical propuesto por Altenmüller. En coherencia con este modelo, se encontró que: en comparación con los participantes que no han recibido formación musical, en los músicos clásicos e indígenas se activan más regiones cerebrales

* Artículo de investigación.

**Profesor de la Facultad de Psicología, Pontificia Universidad Javeriana. Ph.D. en Neuropsicología del Instituto Max Planck de la Universidad de Munich. jd.gomez@javeriana.edu.co

***Candidata MSc a Maestría en Neuropsicología Cognitiva. Ludwig - Maximilians - Universität München, Alemania. manandita84@gmail.com

durante tareas de percepción musical. En contraste, en relación con el tipo de actividad electroencefalográfica se observó que, mientras en el caso de los músicos clásicos hubo predominio de frecuencias rápidas, los registros de los músicos indígenas se caracterizaron por la presentación de valores negativos con respecto al registro de base para la actividad rápida, predominio de frecuencias lentas y cambios sobresalientes en la amplitud. Como una probable explicación, se plantea que la presentación de actividad lenta puede asociarse a representaciones más emocionales, espirituales e intuitivas que sobre la música construyen los indígenas, en tanto esta tiene una connotación sagrada y ritual y es considerada vehículo de comunicación entre “el universo simbólico y lo terrenal”

Palabras clave: percepción musical, diferencias culturales, educación musical, electroencefalografía.

Palabras clave descriptor: percepción musical, diferencias interculturales, música enseñanza, electroencefalografía.

Abstract

The study of music has been crucial for the exploration of how the brain modifies through experience. This study explored the type, level, and localization of electroencephalographic activity in accordion players from different cultural contexts during the musical perception of classic and indigenous musical pieces played in accordion, mapping the brain with electroencephalograms. Theoretical analysis was based on Altenmüller’s musical perception model, according to which it was found that in comparing participants without musical training, in classical and indigenous musicians more brain regions activate during perception. In contrast, in the type of electroencephalographic activity it was observed that while rapid activity predominated in classical musicians, the records of indigenous musicians presented negative figures on the rapid activity’s base register, predominance of slow frequencies, and outstanding changes in the amplitude. As explanation, it was considered that slow activity might be associated to more emotional, spiritual, and intuitive representations that indigenous build in music since it has a sacred and ritual connotation and is considered a vehicle of communication between “the symbolic universe and the earthly life.”

Key words: Musical Perception, Cultural Differences, Music Education, Electroencephalography.

Key words plus: Musical Perception, Cross Cultural Differences, Music Instruction and Study, Electroencephalography.

Resumo

Os estudos sobre a música têm mostrado serem chaves para indagar sobre como o cérebro modifica-se com a experiência. O objetivo do estudo presente foi indagar pelo tipo, nível e localização da atividade electroencefalográfica em músicos acordeonistas pertencentes aos diferentes contextos culturais durante a percepção musical de peças clássicas e indígenas interpretadas com acordeão, para o qual se utilizou a metodologia de mapear o cérebro com um eletroencefalograma. A análise teórica foi feita com base no modelo da percepção musical proposto por Altenmüller. Em coerência com este modelo, encontrou-se que em comparação com os participantes que não tem formação musical, nos músicos clássicos e indígenas se ativam mais regiões cerebrais durante tarefas de percepção musical. Ao contrario, com relação ao tipo de atividade electroencefalográfica observou-se que enquanto os músicos clássicos predominaram as freqüências rápidas, os músicos indígenas caracterizaram-se pela apresentação de valores negativos com respeito ao registro de base para a atividade rápida, predomínio de freqüências lentas e mudanças de destaque na amplitude. Como uma provável explicação se coloca que a apresentação de atividade lenta pode associar-se a representações mais emocionais, espirituais e intuitivas que sobre a música constroem os indígenas, entretanto esta tem uma conotação sagrada e ritual e é considerado veículo de comunicação entre “o universo simbólico e o terrenal”

Palavras chave: Percepção musical, Diferenças culturais, Educação musical, Eletroencefalografia.

Palavras chave descritor: Percepção Musical, Diferenças Interculturais, Música e Ensino, Eletroencefalografia.

Gran parte de las investigaciones realizadas en el campo de la anatomía y la neurofisiología de la percepción musical, por medio de la aplicación de técnicas modernas de formación de imágenes para el registro de la actividad cerebral, han encontrado que, además de la actividad diferencial de los hemisferios cerebrales dada por la complejidad del fenómeno musical y según la cual el análisis temporal rápido se realiza en el hemisferio izquierdo y la asimilación de la altura de los tonos en el derecho, se evidencia que la posición y extensión de dicha actividad dependen en buena medida de las experiencias personales, y por tanto varía significativamente entre personas sin formación musical y músicos expertos (Schlaug, Jäncke, Huang y Steinmetz, 1995; Pantev, Roberts, Schulz, Engelen y Ross., 2001; Schneider et al., 2002; Gaser y Schlaug, 2003).

Algunos autores han llegado a formular, a modo de regla empírica, que mientras las etapas tempranas de la “percepción cerebral” de la música, durante las cuales se realiza la distinción de la altura del tono y del volumen, se desarrollan siempre en el córtex auditivo primario y secundario de ambos hemisferios cerebrales, en las etapas posteriores y el reconocimiento de patrones más complejos, la percepción de melodías y estructuras temporales, se llevan a cabo en regiones cerebrales descritas como distintas, al menos parcialmente, según las personas (Altenmüller, 2002).

De esta manera, a partir del estudio de casos de pacientes con lesiones cerebrales, de sujetos con la capacidad de identificar el tono que escuchan sin apoyarse en tonos comparativos —oído absoluto—, de investigaciones en el campo de la plasticidad de la percepción musical, entre otros recursos, ha sido posible evidenciar que las diferencias individuales que se aprecian en la coordinación, entre características musicales y regiones cerebrales, son mucho mayores que las diferencias observadas en el procesamiento del lenguaje (Altenmüller, 2002). De ahí que se considere que, el desarrollo del conocimiento de la plasticidad aplicado al ser humano se ha dado gracias a los neurocientíficos, especialmente con conocimientos en el área de la música.

A propósito de la plasticidad, es importante mencionar cómo a partir del debate sobre las implicaciones de la música contemporánea y su desafío al cerebro humano, y los hallazgos acerca de la capacidad del cerebro para asimilar, a paso lento, las estructuras sonoras que antes parecían tan complejas, puede pensarse que el arte tiene como función esencial “tirar de nuestros sistemas de percepción para llevarlos siempre un poco más allá, como si la creación artística fuese un motor esencial de la evolución del cerebro humano” (Bigand, E., Lalitte, P. 2007, p. 25).

Un hallazgo importante de los estudios que han centrado su interés en los efectos de la educación musical, ha sido la demostración de que el aprendizaje musical puede dar lugar a representaciones cerebrales adicionales de la música (Altenmüller, 2002). Según este hallazgo, a diferencia de personas que no han recibido formación musical a lo largo de su “biografía de aprendizaje auditivo”, en el cerebro de los músicos profesionales una misma pieza musical aparece representada varias veces, bien sea: como sonido, como programa de movimientos, como símbolos —notas—, entre otros (Altenmüller, 2002). En la misma línea, se ha encontrado que para el caso de los músicos existen fuertes conexiones entre áreas auditivas y motoras, lo cual se evidencia en una eficiente conversión de los movimientos de los dedos en representaciones auditivas y viceversa.

De esta forma, se ha propuesto que, en comparación con personas que no han recibido formación musical, en los músicos existe una mayor representación transmodal para estímulos musicales (Bangert y Altenmüller, 2003; Haueisen y Knösche, 2001; Popescu et al., 2004).

Sin embargo, además de la importancia que sobre la actividad cerebral tiene la formación musical, cabe anotar que la forma como una persona procesa la música viene determinada por la suma de todo lo que ha aprendido, es decir, por lo que Altenmüller denomina “la biografía de aprendizaje auditivo”. De ahí la pertinencia de no olvidar que también las emociones influyen en las redes neuronales del cerebro y que las representaciones de la música dependen del marco cultural correspondiente.

Considerando el hecho de que la gran mayoría de investigaciones que se han realizado acerca de los efectos de la formación musical han estudiado las diferencias en la actividad cerebral, entre músicos profesionales formados en la cultura occidental y sujetos sin formación musical —oyentes caracterizados como “profanos”— esta investigación se propuso explorar los niveles de actividad en las cortezas de asociación frontal, límbica y parieto-temporo-occipital, de músicos acordeonistas pertenecientes a diferentes contextos culturales y entrenados con dos estilos de formación musical diversos, durante la percepción de una pieza musical familiar a cada contexto cultural de formación. Desde esta posición, se considera que existen diferencias entre los músicos en función del uso cultural de cada forma musical particular y las estrategias empleadas en la ejecución e interpretación musical; así como también similitudes, en tanto los dos comparten una historia de ejecución e interpretación del acordeón de dos años como mínimo.

Mientras el entrenamiento musical del músico clásico se caracteriza por el estudio sistemático de la técnica de interpretación instrumental y el estudio formal de la teoría musical, la formación del músico indígena puede definirse por la interpretación de melodías a oído, la improvisación y la ausencia de un entrenamiento formal. Adicionalmente, la interpretación del músico clásico puede describirse como analítica, mientras que la del músico indígena está más ligada a una vivencia espiritual que emplea la música como “vehículo de comunicación entre el universo simbólico y lo terrenal”.

Estos son aspectos fundamentales relativos al cuerpo teórico y conceptual, producto de diversos estudios experimentales realizados hasta el momento. Algunos estudios sugieren que la expresión musical, en general, depende de la especialización de los dos hemisferios (Patel, 2008; Baeck, 2002; Wieser, 2003). El patrón de activación hemisférica da cuenta de que, mientras el hemisferio izquierdo se especializa en la percepción temporal y el ritmo, el derecho lo hace en la percepción del tono y el timbre. Dentro de cada hemisferio, los lóbulos temporales están implicados predominantemente en la percepción musical y los frontales en la expresión y la producción musical. No obstante, se ha observado que el entrenamiento influye sobre la manera como se responde a la música, y juega un rol crucial en la participación diferencial de los hemisferios durante diversas tareas musicales. Como lo proponen Lalitte P. y Bigand E. (2007), la música modifica la organización cerebral de quienes la escuchan o la practican con intensidad y tal modificación puede incluso tener efectos positivos para la adquisición de múltiples actitudes cognitivas de carácter fundamental.

De acuerdo con estudios electroencefalográficos realizados en el campo de la percepción musical, durante el procesamiento de melodías la activación cerebral depende del grado de experticia musical. Mientras que en no músicos se activa predominantemente la corteza frontotemporal derecha, en músicos se presenta activación adicional de áreas auditivas del hemisferio izquierdo (Altenmüller, E. 1986; citado por Altenmüller et al., 2005). Estas variaciones en los patrones de activación auditiva se asocian a diferentes estrategias cognitivas y representaciones musicales empleadas por personas con o sin entrenamiento musical. En el caso de los no músicos, las melodías son analizadas de una manera global basada en contornos, la cual constituye una estrategia que depende principalmente de redes neuronales del hemisferio derecho (Heinze et al., 1994; citado por Altenmüller et al., 2005). En contraste, los sujetos con formación musical están en capacidad de emplear estrategias verbales y de lenguaje interior. De esta manera, sujetos con entrenamiento tienden a analizar melodías de una manera secuencial, basada en intervalos que obedece al funcionamiento de redes neuronales del hemisferio izquierdo (Altenmüller, 2003).

En relación a la influencia de la experticia musical sobre la percepción de frases musicales, se ha encontrado un correlato neuronal para la percepción de la segmentación musical en sujetos con formación musical. Este se conoce como *closure positive shift* —music CPS— y tiene su equivalente en la percepción del lenguaje —language CPS. De acuerdo con algunos estudios de potenciales y campos magnéticos asociados a eventos, los sujetos músicos parecen procesar las frases musicales de una manera estructurada muy similar a la empleada en la percepción del lenguaje. Por su parte, los no músicos detectan principalmente las discontinuidades de las melodías (Friederici, A.D; Knösche, T.M; Nan, Y, 2006).

De igual forma, se ha podido evidenciar que los músicos presentan numerosas diferencias cognitivas en comparación con sujetos sin formación musical, principalmente en áreas tales como: la discriminación de frases musicales, identificación de contornos melódicos e intervalos de timbres disonantes y la detección de cambios en el patrón de sonidos musicales (Kiskin et al., 2006).

Algunos estudios funcionales y anatómicos que han examinado los efectos del entrenamiento musical intensivo sobre los cambios en la plasticidad cerebral, han encontrado que los músicos tienen un aumento en el volumen de materia gris, en regiones como el cuerpo calloso, el cerebelo y las áreas somatosensoriales y motoras primarias y secundarias (Gaser y Schlaug, 2003; Schlaug et al., 1995; Schneider et al., 2002). De ahí que en la última década, el estudio de la música y en particular de los sujetos con historia de formación musical haya ganado reconocimiento como modelo de plasticidad cortical.

Estudios electroencefalográficos de corte longitudinal, realizados con el fin de analizar los cambios promovidos por las clases y la educación del oído en las regiones del cerebro que participan en la percepción musical, han evidenciado que la fase de formación no solo le permite a los sujetos adquirir mayor destreza en la capacidad de reconocer los acordes y las estructuras musicales en general, sino que adicionalmente da lugar a que se mantenga una mayor actividad en las regiones cerebrales centrales que relacionan

percepciones sensoriales con representaciones de movimientos, siendo esto último más común en las situaciones de escucha musical interna.

Un estudio realizado por Bangert, citado por Altenmüller (2002), en el cual se analizaba la actividad cerebral al oír melodías de un piano y al tocar un teclado mudo, por separado, descubrió que con solo 20 minutos tocando el piano se empezaba a producir un cambio de los patrones de activación de regiones auditivas y táctiles. Tres semanas más tarde, las modificaciones eran más evidentes y se observaba participación automática de la región sensomotriz con la audición, sin que necesariamente los individuos realizaran algún movimiento con la mano. De esta manera, pudo observarse que pianistas principiantes pueden llegar a presentar patrones de actividad parecidos a los de los profesionales si pasan por una fase previa de entrenamiento musical. En el caso de pianistas profesionales, se ha evidenciado que tales patrones son idénticos cuando oyen música y cuando la ejecutan sobre teclas mudas. Es importante destacar que como ellos lo manifiestan, al escuchar una sonata, sienten los dedos y, a la inversa, oyen con el oído interno la pieza que ejecutan inconscientemente sobre la mesa. Así, se observa cómo al tocar un instrumento, el cerebro relaciona informaciones auditivas con datos sensomotores (Altenmüller, 2002).

Según Umiltà (2001) citado por Altenmüller (2005), estas redes neuronales muestran un comportamiento similar al de las denominadas neuronas espejo de la corteza frontal de los monos, las cuales se activan tanto durante la ejecución de movimientos complejos, como con la observación de los mismos. En esta línea, a partir del estudio de la función y plasticidad de las cortezas auditiva y motora en músicos profesionales, se ha podido evidenciar que, muy similar a lo descrito por Altenmüller, el hecho de que la interpretación musical requiera del constante flujo de información entre el procesamiento sensorial y la planeación motora, conduce a que se creen conexiones y circuitos de procesamiento a través de los cuales se transforma la información auditiva en códigos apropiados de ejecución para el sistema motor y viceversa. De esta manera, se ha planteado el concepto de actividad *transmodal* para hacer referencia a la interacción y coordinación de las modalidades auditiva y motora, la cual se manifiesta con la presentación de respuestas en la corteza motora a partir de la estimulación auditiva y la aparición de actividad, en esta última, durante la simulación de la interpretación musical —movimiento de los dedos— (Baumann et al., 2007).

En la mayoría de estudios que han analizado y comparado la interpretación instrumental en profesionales y personas sin formación musical, se encuentran unos que han hecho énfasis en la percepción musical y otros que lo han hecho en la interpretación de un instrumento. Sin embargo, como lo sugieren Baumann (2007), son pocos los estudios que se han realizado en torno a la temática de la interacción entre diversas modalidades, y más específicamente entre la auditiva y la motora. Entre estos, cabe señalar el realizado por Bangert (2001, 2003), en donde a partir de la técnica de mapeo cerebral con EEG, se tomaron registros a pianistas novatos y profesionales durante la realización de tareas audio-motoras. En este estudio, se concluyó que los mapas de actividad EEG de los pianistas novatos van adquiriendo mayor similitud con los de los pianistas profesionales, en función del entrenamiento musical. Otro de los estudios desarrollados en esta área

es el de Hauesien y Knösche (2001), en el cual se aplicó MEG para observar la activación de áreas motoras durante tareas de estimulación auditiva en músicos y sujetos sin formación musical. Los resultados observados sugirieron la conectividad directa o indirecta entre áreas motoras y auditivas.

Los estudios mencionados anteriormente, han abordado las interacciones auditivo-motoras, y se han basado en registros electroencefalográficos, en tanto la resolución temporal de los mismos representa una ventaja para la observación de las rápidas interacciones entre las modalidades objeto de interés.

Sin embargo, es importante considerar que la resolución espacial es crucial para distinguir entre la activación de estructuras motoras y sensoriales primarias y secundarias. De igual manera, puede contribuir a diferenciar cuándo la actividad motora se asocia más a movimientos voluntarios en la región de las manos, que a una actividad motora inespecífica que no se limita a regiones usualmente activas durante el movimiento voluntario de los dedos. En este punto es importante referirse al estudio de Baumann, el cual usando RMF se propuso hacer una descripción detallada de las áreas corticales y subcorticales implicadas en la red de integración auditivo-motora, y de la actividad transmodal en músicos pianistas y sujetos sin formación musical. Este estudio contempló entre sus objetivos la pregunta acerca de: si la transferencia de información entre las modalidades auditiva y motora ocurre de manera involuntaria o, si de lo contrario, requiere de un proceso activo en el cual se imagine de forma voluntaria la modalidad faltante o ausente.

Algunos estudios previos, tales como el realizado por Hauesien y Knösche (2001), han sugerido que la transferencia de información, desde el sistema auditivo hacia el sistema motor, implica un componente involuntario. Sin embargo, varias investigaciones han demostrado que la imaginación auditiva es suficiente para activar áreas en la corteza auditiva, y que de igual manera, la imaginación de la ejecución instrumental conduce a la activación de áreas motoras (Bunzeck et al., 2005; Halpern y Zatorre, 1999; Kristeva et al., 2003; Lotze et al., 2003; Meister et al., 2004).

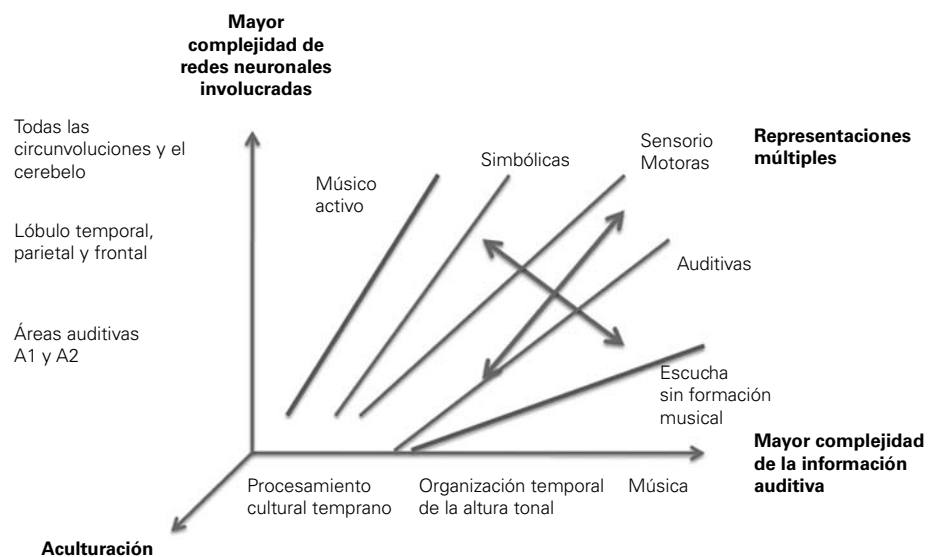
Entre los resultados obtenidos en este estudio, sobresale la observación acerca de la activación de áreas tales como: corteza pre-motora dorsal, el plano temporal y el plano polar, durante tareas puramente auditivas o motoras involuntarias, y la activación adicional de áreas como la corteza pre-motora ventral y el giro frontal inferior, durante situaciones en las que se imagina la modalidad ausente —estimulación auditiva o ejecución motora. Con respecto a las áreas activas durante las situaciones de escucha o ejecución motora involuntarias, los autores proponen que mientras las áreas auditivas posteriores —plano temporal— están relacionadas con la interacción auditivo-motora, asociada a la actividad de la corriente auditiva dorsal, las áreas auditivas anteriores —plano temporal— se relacionan con la interacción auditiva-motora, asociada a la corriente auditiva ventral.

De esta forma, las áreas auditivas anteriores estarían mediando el procesamiento del significado del sonido —el qué—, mientras que las áreas auditivas posteriores estarían implicadas en las acciones relacionadas con la producción del mismo — el cómo. Por su parte, las áreas activas durante la situación voluntaria y guiada por procesos de

tipo *top-down*, son descritas como áreas importantes en la integración y transformación sensorio-motora (Buccino et al., 2004; Schwartz et al., 2004).

Respecto a la comparación entre músicos profesionales y sujetos sin formación musical, esta investigación encontró actividad transmodal para el caso de todos los participantes. A partir de esta observación, se plantea que: si bien la formación musical intensiva modifica la interacción entre áreas motoras y auditivas secundarias, lo cual se manifiesta con un mayor nivel de actividad en el componente motor de la red auditivo-motora de músicos durante condiciones de escucha musical, la interacción transmodal auditivo-motora no requiere de años de entrenamiento para su consolidación, y puede presentarse en individuos cuyo contacto con la interpretación musical no haya tardado más de una hora (Baumann et al., 2007).

Un modelo que permite analizar cómo en función de la formación musical se pueden adquirir representaciones adicionales de la música, es el propuesto por Altenmüller (2006).



Fuente: traducción y adaptación autorizada, Altenmüller, 2006.

A partir de este modelo se puede explicar la manera como la historia de aprendizaje musical, en interrelación con la aculturación, puede contribuir a que la percepción musical, y las redes neuronales involucradas, se vayan complejizando y, a su vez, las representaciones mentales sobre la música, además de ser auditivas, lleguen poco a poco a ser sensoriomotoras, visuales y simbólicas, y por ende, múltiples (Altenmüller, 2006). En concordancia con lo anterior, a través de la formación musical, además de percibir la música mediante la audición, se hace posible observar la ejecución de las piezas musicales en medio de un concierto —percepción visual—, sentir vibraciones

en pasajes vivos —activación táctil —, percibirla como una sucesión de patrones de movimiento de las manos, estudiarla y captarla por vía simbólica (Altenmüller, 2002). Sin embargo, las representaciones de la música dependen del marco cultural correspondiente, la forma en que una persona procesa la música viene determinada por la suma de todo lo que ha aprendido, es decir, por lo que de acuerdo con el modelo propuesto por Altenmüller se denomina “biografía de aprendizaje” auditivo. (Altenmüller, 2002).

Otro de los estudios que ha demostrado cómo la plasticidad de la percepción musical se advierte a las pocas horas, e incluso segundos de entrenamiento, es el realizado por Pantev en la universidad de Münster. Dicho estudio, permitió observar cómo, a partir de la exposición ante piezas musicales de las que se habían eliminado determinadas gamas de frecuencias, se producía luego de tres horas una menor actividad selectiva en el córtex primario y secundario en dicha banda de frecuencias.

De otro lado, en el caso de los directores de orquesta, se ha observado que, debido a que su oficio les exige controlar el balance sonoro de toda la orquesta y, por ende, de los músicos sentados en los laterales, estos llegan a ser mejores que los pianistas a la hora de ubicar exactamente fuentes sonoras laterales y al hacerlo, sus neuronas auditivas desarrollan una mayor capacidad (Altenmüller, 2002).

Resulta importante tener en cuenta que, como lo sugieren algunas investigaciones, el entrenamiento musical modifica la actividad de ciertos sistemas neuronales y permite que mejore la capacidad de reconocer estructuras musicales, tales como los intervalos o los ritmos. Algunas de estas señalan que: las áreas de la corteza motora especialmente el área de los dedos de la mano izquierda aumenta su respuesta eléctrica en músicos violinistas (Peretz et al., 2005). Estos cambios están directamente relacionados con la edad en la cual empieza la formación musical. Así, aquellos músicos que empiezan su formación en edades tempranas muestran modificaciones más extensas en sus respuestas cerebrales, en comparación con los que lo hacen después de los 12 años. De igual forma, se han descrito efectos similares en la respuesta de la corteza auditiva ante estímulos producidos por instrumentos musicales específicos. En este caso, se ha observado que dichas áreas cerebrales se modifican específicamente sólo para instrumentos y necesidades musicales concretas.

En los trompetistas profesionales, por ejemplo, las reacciones de la estructura cerebral, “musical” se intensifican ante tonos de trompeta, no ante tonos de violín (Zatorre, 2005). En esta misma línea, algunas investigaciones que se han preguntado acerca de aquello que diferencia los cerebros de personas con y sin entrenamiento musical, en situaciones de escucha de sonidos emitidos por el instrumento con el que suelen practicar, mediante estudios con electroencefalografía, han encontrado que el entrenamiento musical y el hecho de interpretar un instrumento en particular inducen la actividad en la banda de ondas gamma (Shahin et al., 2008). De acuerdo con estos estudios, en músicos adultos esta actividad aumenta en función del grado de preferencia con un timbre musical específico, que en la mayoría de los casos es el del instrumento con el cual se practica frecuentemente. Se ha planteado que la actividad sostenida en la banda gamma, durante la estimulación musical, sugiere la participación de procesos intrínsecos de tipo *top-down*, relacionados con funciones como la memoria asociativa y la atención,

sobre las cuales tiene profundos efectos el entrenamiento musical. Algunos autores han planteado que la actividad de la banda gamma, en situaciones de estimulación musical, da cuenta de la integración de procesos *top-down* y *bottom-up* (Hermann et al., 2004) (Polley et al., 2006, citado por Shahin et al., 2008). Sin embargo, los autores del estudio sugieren que se investigue a profundidad los efectos de la cantidad y el tipo de entrenamiento musical sobre la actividad en la banda de actividad gamma.

Otros estudios han observado que, en comparación con personas que no han recibido entrenamiento musical, en el caso de músicos las respuestas auditivas conocidas como de "latencia media" (19-80 ms) así como las de latencia larga, entre estas N1m (100 ms), N1c (140 ms), P2 (180 ms) y N2m (250 ms) obtenidas con técnicas de magnetoencefalografía se muestran prominentes (Shahin et al., 2008).

Además de la experticia musical, la valencia emocional durante la escucha musical puede influir sobre los patrones de lateralización. Respecto a la capacidad de la música para suscitar emociones intensas, cabe resaltar que, como lo muestran algunas investigaciones que han estudiado la relación entre el procesamiento cerebral de una pieza musical y el agrado con que los jóvenes reciben la misma, las emociones positivas ante la escucha musical se asocian con una intensa activación de ciertas zonas del lóbulo frontal y temporal del hemisferio izquierdo; mientras que, cuando las emociones son negativas la activación ocurre en las regiones equiparables del hemisferio derecho (Altenmüller, 2002). En relación con el tema de las respuestas emocionales a la música, el estudio realizado por Juslin (2008), se plantea la necesidad de estudiar con mayor profundidad los mecanismos a través de los cuales la escucha musical induce a la respuesta emocional.

Desde la posición de estos autores, además de la evaluación cognitiva, existen otros seis mecanismos que pueden explicar la forma cómo la música suscita emociones. Entre estos se proponen: los reflejos del tallo cerebral, el condicionamiento evaluativo, el contagio emocional, la imaginación visual, la memoria episódica y las expectativas musicales. El mecanismo del tallo cerebral hace referencia a los efectos activadores, estimulantes y relajantes de la escucha musical que se producen durante el procesamiento auditivo primario. El condicionamiento evaluativo alude al proceso por el cual la emoción se induce debido a que la pieza musical escuchada ha sido previamente asociada con un estímulo positivo o negativo. El contagio emocional es explicado como el mecanismo a través del cual la respuesta emocional es inducida, debido a que el oyente percibe la expresión emocional de la pieza e imita dicha expresión internamente. Evidencias de que piezas musicales con una expresión musical específica dan lugar a la percepción de la misma emoción en el oyente han sido reportadas por numerosos estudios (e.g., Kallinen y Ravaja, 2006; Lundqvist et al., en prensa).

Resulta interesante que, como lo muestran algunas investigaciones acerca de las reacciones que se producen al escuchar música, existe un consenso generalizado entre los oyentes sobre el contenido emocional de diversas piezas musicales, incluso, en los casos en que estos desconocen dichas piezas o no saben identificarlas. Desde esta perspectiva, se puede observar cómo el hecho de considerar una obra musical como patética, nostálgica, alegre, entre otros adjetivos, parece no depender del conocimiento

previo de la pieza musical en cuestión, ni de la identificación del contexto en el que ésta ha sido compuesta (Storr, 2002). Esto tiene relación con lo expuesto por Patel (2008), al hablar de la paradójica propiedad de la música de ser intraducible mientras, al mismo tiempo, puede ser apreciada por diversas culturas sin importar las barreras del idioma. A diferencia del lenguaje, la música puede tener significado para un individuo simplemente en función de la lógica sónica percibida, sin que sea necesario tener conocimiento del contexto en el que se originó la pieza musical o comprender su significado cultural (Patel, 2008).

El mecanismo de la imaginación visual sugiere que las emociones experimentadas son producto de la estrecha interacción entre la escucha musical y la construcción de imágenes. Se ha evidenciado que los estímulos musicales son especialmente efectivos en la estimulación de la imaginación visual y esta estrategia desencadena la respuesta emocional durante la escucha musical (Juslin et al., 2008). La memoria episódica es explicada por los autores como el mecanismo que induce respuestas emocionales, debido a que la pieza musical evoca recuerdos de un evento particular en la vida del oyente. Por último, las expectativas musicales son definidas como un mecanismo a través del cual la emoción es producto de alguna característica específica que viola, retrasa o confirma las expectativas que se crea el oyente acerca de la continuación de la pieza musical. Dichas expectativas parten de las relaciones sintácticas entre las diferentes partes de la estructura musical y, por tanto, dependen en gran medida del aprendizaje cultural. Esto se corrobora con algunos estudios que han observado que, aunque la habilidad para detectar violaciones sintácticas está presente desde etapas tempranas del desarrollo, ésta depende de una suficiente exposición al estilo musical en cuestión (Jentschke et al., 2005, citado por Juslin et al., 2008). Es importante resaltar que, como lo sugieren algunos estudios neurofisiológicos, la violación de las expectativas musicales activan las mismas regiones cerebrales implicadas en la violación de la sintaxis del lenguaje (Koelsch et al., 2002; Maess et al., 2001 citado por Juslin et al., 2008). Se observa que el procesamiento temprano de incongruencias tanto en la música como en el lenguaje, activa el área de Broca.

Desde esta perspectiva, la estructura musical como fuente de emociones tiene como base el conocimiento esquemático del sistema musical. De tal forma que, una vez el oyente ha adquirido de manera implícita las reglas del sistema musical en el que se encuentra inmerso, es capaz de apreciar la música de acuerdo a su adherencia o desviación de las normas conocidas. Entre estas reglas, algunos estudios muestran cómo el conocimiento de la tónica constituye un punto de referencia central a la hora de juzgar la estabilidad de las unidades musicales. Incluso se puede observar que, cuando la pieza musical se distancia de la tónica, el oyente experimenta una sensación de tensión, la cual a medida que la pieza retorna al punto de partida va disminuyendo (Bharucha, 2006). Esto se conoce como cierre tonal y se da cuando la pieza musical empieza y termina en la misma nota. Esto es característico en la mayoría de la música tradicional occidental europea (Cook, 1879, citado por Patel, 2008).

En relación con el impacto del aprendizaje cultural sobre la respuesta emocional, los reflejos del tallo cerebral reflejan principalmente respuestas simples a características

musicales que se ven poco o nada afectadas por el aprendizaje, las expectativas musicales parten de esquemas aprendidos sobre estilos musicales específicos que difieren entre culturas y, por ende, dan lugar a que sujetos pertenecientes a contextos culturales diferentes reaccionen de maneras distintas durante la escucha de la misma pieza musical (Juslin et al, 2008). En este punto, es importante señalar que, como sugiere Patel, las partículas que conforman tanto la música como el lenguaje, lejos de ser entidades físicas con estructura invariante, son entidades psicológicas que se derivan de un marco mental producto de categorías de sonido aprendidas (Patel, 2008).

No obstante, además de que existen evidencias de la capacidad que la música tiene para influir en los estados de ánimo, también se ha podido encontrar que la música provoca cambios a nivel fisiológico. El electroencefalograma refleja cambios en la amplitud y la frecuencia de las ondas cerebrales que capta. En el momento en que se presenta el estímulo musical, la resistencia eléctrica de la piel disminuye, las pupilas se dilatan, la frecuencia respiratoria puede acelerar, ralentizarse o incluso ser irregular. La tensión suele subir y también aumenta la frecuencia de los latidos cardíacos. Se produce un aumento del tono muscular que puede estar acompañado por inquietud física.

Un hecho muy interesante que describe el autor el autor Storr (2002), narra que, ante la escucha de piezas musicales, se observa que las mediciones de la actividad eléctrica de los músculos reflejan un considerable aumento de la actividad eléctrica de los músculos de las piernas, incluso en los casos en los que durante la escucha musical el sujeto recibe la orden de permanecer quieto. Tal vez esto permita explicar por qué algunas personas sienten el impulso de marcar el ritmo con los pies o tamborilear con los dedos ante la escucha de ciertas piezas musicales. De igual forma, a través de técnicas de neuroimagen se ha podido observar que, en los momentos en los que las personas reportan sensaciones de placer e incluso tienen experiencias de euforia ante la escucha de piezas musicales, ocurren cambios en el flujo sanguíneo cerebral en algunas áreas cerebrales, tales como: el mesencéfalo dorsal, el núcleo estriado ventral —núcleo accumbens, la ínsula y la corteza orbitofrontal (Peretz et al, 2005). Algunas de estas regiones están implicadas en los mecanismos de recompensa y motivación, los cuales median las respuestas frente a estímulos que son biológicamente significativos, tales como la comida y el sexo (Zatorre, 2005). Así, mientras nos sentimos estremecidos al escuchar un fragmento melódico especialmente emotivo, se activa el sistema límbico de autorrecompensa, que suele asimilarse al placer sexual (Altenmüller, 2002; Menon et al., 2005).

Entre otros hallazgos, con respecto a los efectos fisiológicos de la música, se encuentra que la presión de la sangre de sujetos, con o sin formación musical, varía en función no del tipo de música sino del interés que cada pieza despierta en cada uno de ellos (Poch, 1999). Con relación al ritmo cardíaco y el pulso, los estudios muestran que la aceleración del HR (Heart Rate) se relaciona significativamente con la altura tonal y el incremento de la complejidad de los elementos musicales de la composición. Por su parte, el retardo del HR se relaciona con la resolución del conflicto musical expresado a través de un tiempo lento, cadencias finales y movimiento armónico lento (Edwards et al, 1991, citado por Poch, 1999). Sin embargo, otros estudios sugieren que, si bien la música sedante y estimulante causa cambios en el HR y el PR, estos no se consideran predecibles.

Tomando como referencia los hallazgos referidos, y con el fin de indagar acerca de los efectos que la educación musical y el proceso de enculturación tienen sobre la construcción de representaciones de la música, se realizó un estudio de mapeo electroencefalográfico que tuvo como objetivo explorar el tipo, nivel y localización de la actividad electroencefalográfica de músicos acordeonistas pertenecientes a diferentes contextos culturales, durante la percepción musical de piezas clásicas e indígenas interpretadas con acordeón. El grupo de músicos participantes estuvo conformado por cuatro músicos acordeonistas, dos de ellos indígenas Arwakos intérpretes de acordeón diatónico, y los otros dos, músicos de profesión concertistas de acordeón clásico.

Entre los hallazgos más sobresalientes se encontró que, tanto en el bloque de músicos clásicos como en el de músicos indígenas se presentaron diferencias significativas, pero durante las condiciones de escucha de la pieza musical familiar, con respecto al registro de base, en el caso de los músicos clásicos, estas se asociaron a predominio de frecuencias rápidas, y en el caso de los segundos a predominio de actividad lenta. Así, mientras los registros de los músicos clásicos mostraron puntos máximos para las bandas gamma, alfa, beta y mu, los de los músicos indígenas se caracterizaron por el aumento de las bandas theta, alfa y delta, y por la presentación de valores negativos para las bandas de frecuencia rápida.

Algunos estudios sobre los cambios fisiológicos producidos por la música han encontrado, a través de análisis computacionales, que la presencia de actividad en la banda theta durante la vigilia se asocia a estados de atención ante estímulos internos y estados emocionales. Igualmente, este ritmo se ha asociado con funciones mentales que involucran ejercicios de meditación profunda e inspiración creativa (Baztarrica, 2002). Algunas investigaciones que se han propuesto estudiar la actividad electroencefalográfica de bailarines Balineses, han encontrado que durante ceremonias en las cuales estos alcanzan un estado de trance, se presenta predominio de actividad en las bandas theta y alfa (Oohashi et al, 2002, citado por Patel, 2008).

La actividad en la banda delta se ha relacionado con estados de meditación, y el ritmo alfa con estados de relajación y actividad mental leve (Baztarrica, 2002). Teniendo en cuenta lo anterior, puede pensarse que el hecho de que la música indígena tenga una connotación sagrada y ritual, y sea considerada como vehículo de comunicación entre el universo simbólico y lo terrenal, explica que su presentación induzca el aumento de actividad lenta, en tanto esta puede asociarse a representaciones más emocionales, espirituales e intuitivas sobre la música. Es importante considerar que la poca variación melódica y la repetición de fragmentos melódicos cortos, además de dar un tono ceremonial y ritual a la música, pueden tener una explicación en el predominio de frecuencias lentas. No obstante, dado que esto no ocurre en el grupo de músicos clásicos, durante la condición de escucha de la pieza musical indígena, podría plantearse que, más que debido propiamente a la estructura musical, la respuesta electroencefalográfica está estrechamente ligada a conceptos culturales extramusicales, a partir de los cuales el oyente construye un significado particular (Patel, 2008).

Llama la atención que en los registros de los dos músicos indígenas se observó duplicación de la amplitud de base durante la condición de escucha de la pieza musical

indígena, y disminución de la misma durante la escucha de la pieza musical clásica, lo cual podría atribuirse a la mayor respuesta emocional dada en la primera situación. Cabe señalar que, dicho aumento de la amplitud no se dio en presencia de modificaciones a nivel de frecuencia. Lo anterior puede sugerir que, mientras los cambios a nivel de la amplitud estarían más relacionados con efectos de tipo emocional y tendrían un origen más subcortical, los cambios a nivel de frecuencia tendrían que ver más con variaciones en la atención, concentración y en general en aspectos de tipo cognitivo.

En el caso de los músicos clásicos, se observó predominio de actividad en las bandas gamma, alfa, beta y mu durante la condición de escucha de la pieza musical clásica. De forma análoga a lo señalado en el estudio realizado por Chau (2008), se encontró que en el bloque de músicos que han recibido educación musical formal, se presenta aumento de la actividad en la banda gamma durante la escucha de la pieza musical interpretada con acordeón clásico. Esta actividad sostenida en la banda gamma durante la estimulación musical, da cuenta de la participación de procesos intrínsecos de tipo *top-down*, relacionados con funciones como la memoria asociativa y la atención, sobre las cuales tiene profundos efectos el entrenamiento musical (Chau et al, 2008).

Por su parte, la banda beta generalmente se ha asociado con estados de pensamiento activo y de resolución de problemas. En cuanto a la banda mu, se ha encontrado que se registra principalmente en la zona sensorio-motora y se utiliza para estudiar el funcionamiento de las neuronas espejo. Se ha observado que de manera análoga a los ritmos beta, los ritmos mu suelen registrarse en áreas de asociación. A partir de estas observaciones puede evidenciarse que, de forma similar a lo que ha sido planteado en la literatura, durante la percepción musical, el grupo de músicos clásicos parecen adoptar una actitud analítica y racional, y ponen en interacción diferentes regiones cerebrales lo cual se refleja en la participación conjunta de diversos procesos cognitivos. Respecto a la activación de la banda mu, la participación de regiones parietales bilaterales fue una constante dentro del bloque de músicos clásicos, lo cual es llamativo debido a que, a pesar de que la estimulación fue auditiva, durante la percepción de las piezas musicales los músicos activaron representaciones posiblemente asociadas a la ejecución del movimiento con respecto a la información sensorial, o tal vez sintieron vibraciones. También se observó activación de áreas frontales, lo cual, sumado a lo anterior, puede indicar que durante la percepción musical se construyeron representaciones sensoriomotoras.

De esta manera, se evidencia que, de manera similar a lo planteado por Altenmüller (2002), la educación del oído conduce a que, tan sólo con escuchar una pieza musical, se mantenga un alto nivel de actividad en regiones cerebrales que relacionan percepciones sensoriales con representaciones de movimientos. Esto tendría relación con los hallazgos del estudio realizado por Baumann (2007), en donde se hace referencia al concepto de actividad *crossmodal*, para explicar la interacción y coordinación de las modalidades auditivas y motora, manifestada con la presentación de respuestas en la corteza motora, a partir de la estimulación auditiva y la aparición de actividad en esta última durante la simulación de la interpretación musical —movimiento de los dedos— (Baumann et al., 2007).

En el caso del presente estudio, se encuentra que: no solo hay interacción de áreas auditivas y motoras, sino también somestésicas e inclusive visuales. Es interesante

que en el caso de los dos músicos clásicos se presenta activación de áreas occipitales bilaterales, lo cual da cuenta de que, semejante a lo propuesto por Altenmüller a través de su modelo, la educación musical lleva a que la percepción musical y las redes neuronales involucradas se vayan complejizando, así como también a que las representaciones mentales sobre la música, además de ser auditivas, lleguen a ser sensoriomotoras, visuales y simbólicas y por ende, múltiples (Altenmüller, 2006).

En los mapeos de los músicos clásicos e indígenas, se puede evidenciar que la activación incluye un amplio número de regiones cerebrales. De esta forma, se encuentra que, de la misma manera que Altenmüller expone en su modelo, en ambos grupos de músicos se cumple la participación de una mayor cantidad de regiones cerebrales durante situaciones de percepción musical, aunque para el caso de los músicos clásicos la activación es más amplia. Con relación a este grupo de músicos, podría plantearse que, la mayor complejidad de redes neuronales involucradas sumado al aumento de actividad en la banda gamma, sugiere la participación de los diversos córtex de asociación.

En el caso de los músicos indígenas, uno de los participantes presenta actividad en regiones fronto temporales del hemisferio derecho, lo cual, según la literatura, se encuentra en sujetos que no han recibido formación musical. No obstante, es importante considerar que los estudios efectuados hasta el momento en el campo de la percepción musical, han sido realizados por investigadores occidentales, quienes en su mayoría son músicos clásicos entrenados que han recurrido a los conceptos y estructuras de la música occidental para analizar los hallazgos obtenidos. Es pertinente señalar que el concepto de "músico", construido en Occidente, ha sido cimentado en ideales culturales en los cuales prima la ejecución musical sobre la escucha, y el entrenamiento formal sobre la práctica informal y la improvisación.

De esta manera, las caracterizaciones músico y no músico conducen a reforzar nociones culturales relacionadas con la inaccesibilidad a la música y su restricción a un grupo selecto de profesionales, así como a concebir de manera errónea que las diferencias entre un músico y un no músico son obvias y universalmente reconocidas. En este punto, cabe anotar que el concepto de universales musicales y la creencia de que el sistema tonal occidental, con el que se ha educado la gran mayoría de europeos, es superior porque se origina a partir de la naturaleza, solo ha logrado que durante muchos años se perdiera la oportunidad de conocer otros sistemas musicales igual de válidos, y poder ampliar nuestra experiencia musical.

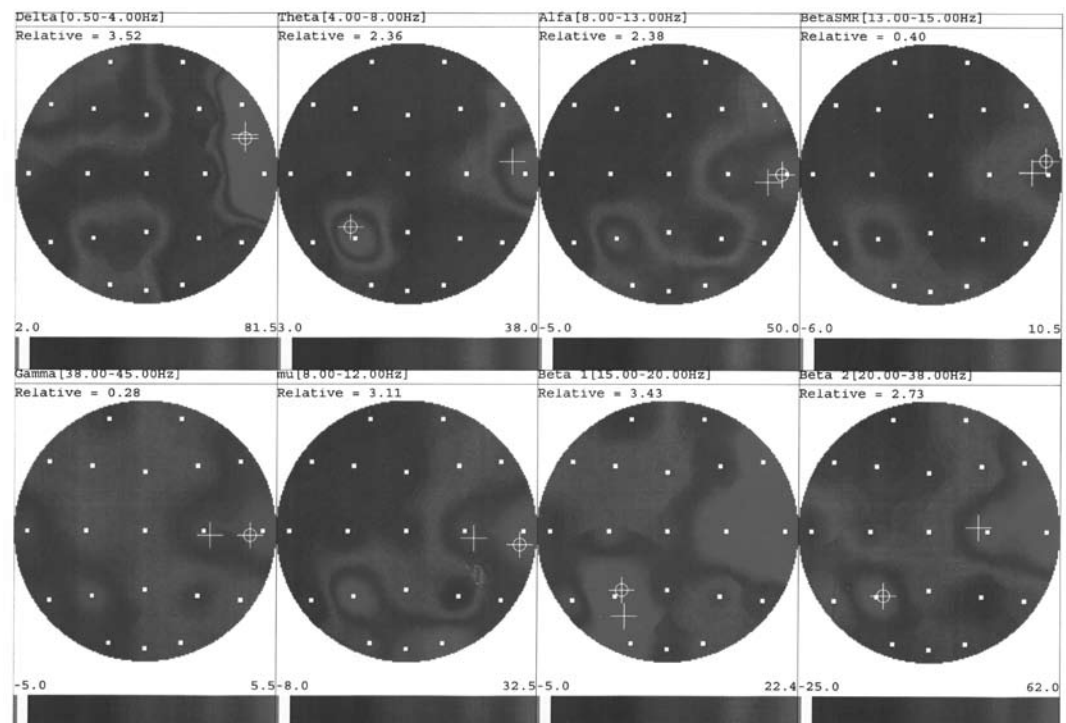
Todo lo anterior, cuestiona el hecho de que la interpretación de los hallazgos correspondientes al grupo de músicos indígenas sea realizada a partir de teorías originadas en el marco de la tradición musical tonal occidental. Por el contrario, invita a proponer hipótesis que no dejen de lado el hecho de que diferentes culturas generan diferentes sistemas musicales, al igual que producen distintos idiomas y sistemas políticos, que como tales exigen ser comprendidos a la luz de análisis semiológicos, ontológicos, antropológicos y lógicos. Esto mismo aplicaría no solo para el estudio de diversos sistemas musicales, sino también para otras formas de comportamiento que podrían ser mejor comprendidas si se estudiaran dejando de lado prejuicios y preconceptos construidos en situaciones y contextos no homologables.

De esta manera, se observa que, inclusive entre músicos, existen diferencias dadas por el hecho de que, además de las diversas formas de entrenamiento musical y estrategias de interpretación que pueden ser adoptadas, las representaciones de la música dependen del marco cultural correspondiente, y por tanto la forma como una persona procesa la música viene determinada por la suma de todo lo que ha aprendido, es decir, por lo que de acuerdo con el modelo propuesto por el neurólogo y músico Eckart Altenmüller se denomina “biografía de aprendizaje” auditivo (Altenmüller, 2002).

Finalmente, se sugiere que en futuras investigaciones se indague acerca de los cambios de voltaje y su relación con las respuestas de tipo emocional. Sería pertinente que, adicional a los mapas de frecuencia, se elaboraran mapas de voltaje que facilitarían la exploración visual de los cambios en la amplitud de los registros. Cabe señalar que, a partir de las tendencias y hallazgos observados, puede pensarse en hacer una segunda fase de investigación en la cual, a partir de un enfoque experimental, se estudie de manera rigurosa la relación de variables propuesta a lo largo del presente estudio. Sería importante que en esta segunda fase se profundizara en la comprensión de las áreas cerebrales implicadas y los tipos de actividad eléctrica observada en el bloque de músicos indígenas y su relación con la definición de músico particular y el marco cultural de formación.

Anexo

Áreas cerebrales implicadas y los tipos de actividad eléctrica observada en el bloque de músicos indígenas y su relación con la definición de músico particular y el marco cultural de formación.



Fuente: Imagen adquirida por Gómez y Gutiérrez, 2006 : Stellate – Recorded at Stellate. Montage referencial EEG20
 Fecha de elaboración: 22 de enero de 2010.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altenmüller, Eckart. "Neurología de la percepción musical." *Mente y cerebro*, Barcelona, 1: 48-54, 2002.
- _____. "Musikwahrnehmung und Amusien." En *Neuropsychologie*, eds. P.Thier y H.O. Karnath. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2006.
- Altenmüller, Eckart; Jäncke, Lutz; Münte, T.F. "The musician's brain as a model of neuroplasticity." *Naure Reviews (neuroscience)* 3: 473-478, 2002.
- Baumann, Simon; Koeneke, Susan; Schmidt, Conny; Meyer, Martin. "A network for audio-motor coordination in skilled pianists and non-musicians." *Brain Research*. 1161: 65-78, 2007.
- Bharucha, Jamshed; Curtis, Meagan y Paroo, Kau. "Varieties of musical experience." *Cognition*, 10: 1-42, 2005.
- Baztarrica, Jorge. *EEG brain classification for brain computer interface applications*. Lausanne: Ecole polytechnique Federale de Lausanne, 2002.
- Bigand, Emmanuel; Lalitte, Philippe. "El cerebro y la música contemporánea." *Mente y cerebro*, Barcelona, 22: 20-25, 2007.
- Chau, W; Miller, L.M; Roberts, L. E; Shahin, A.J; Trainor, L.J. "Music training leads to the development of timbre-specific gamma band activity." *NeuroImage*, Holanda, 41: 113- 122, 2008.
- Engelien, Almut; Pantev, Christo; Roberts, Larry E; Ross, Bernhard; y Schulz, Matthias. "Timbre specific enhancement of auditory cortical representations in musicians." *Neuroreport*, 12: 169-174, 2001.
- Franco, Jorge y Gaviria, Moises. "Música, cultura y cerebro." *Revista Latinoamericana de Psiquiatría*. En prensa 2002.
- Friederici, Angela; Knösche, Thomas; Nan, Yun. "The perception of musical phrase structure: A cross-cultural ERP study." *Brain research*, 1094: 179-191, 2006.
- Gaser, Christian; Schlaug, Gottfried. "Brain structures differ between musicians and non-musicians." *Journal of Neuroscience*, 23: 9240-9245, 2003.
- Hauesien, Jens; Knosche, Thomas R. "Involuntary motor activity in pianists evoked by music perception." *Journal of cognitive neuroscience*, 13: 786-792, 2001.
- Hernández, Sampieri R; Fernández, Collado y Baptista, Lucio. *Metodología de la investigación*. México: MacGraw-Hill, 2003.
- Huang, Yanxiong; Jancke, Lutz; Schlaug, Gottfried; Staiger, Jochen F; y Steinmetz, Helmut. "Increased corpus callosum size in musicians." *Neuropsychology*, 33: 1047-1055, 1995.
- Juslin, Patrick N; Västfjäll, D. "Emotional responses to music: the need to consider underlying mechanisms." *Behavioral and brain sciences*. En prensa, 2008.
- Kasdin, Ana. *Métodos de investigación en psicología clínica*. México: Pearson educación, 2001.
- Koelsch, Stephan y Siebel, Walter. "Towards a neural basis of music perception." *Trends in cognitive sciences*, 9: 578-584, 2005.
- Lopes da Silva, Fernando; Niedermeyer, Ernst. *Electroencephalography basic principles, clinical applications and related fields*. Philadelphia, Pennsylvania: Lippincott William & Wilkins, 2005.
- Patel, Aniruddh D. *Music, language and the brain*. New York: Oxford, 2008.
- Peretz, Isabelle y Zatorre, Robert. "Brain organization for music processing." *Annual review of psychology*. 2005.

- Sloboda, John. *The Musical Mind: the Cognitive Psychology of Music*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- Storr, Anthony. *La música y la mente: El fenómeno auditivo y el por qué de las pasiones*. Barcelona: Editorial Paidós, 2002.
- Zatorre, Robert. "Music, the food of neuroscience?" *Nature*, 434: 312-315, 2005.