



La musicoterapia y su procesamiento. ¿Existe una relación con el lenguaje oral?

Belén López Grupeli¹, María Visitación Bartolomé Pascual²

1. Instituto Safman para la Formación y la Intervención SL. Madrid. España.

2. Departamento de Inmunología, Oftalmología y Otorrinolaringología. Facultad de Psicología. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España.

Resumen

La musicoterapia es una técnica o práctica terapéutica, utilizada actualmente en diferentes campos de ciencias de la salud y la medicina rehabilitadora. La logopedia utiliza la musicoterapia como herramienta para rehabilitar procesos cognitivos complejos, como es el lenguaje. Esta técnica presenta diferentes posibilidades para su utilización, como por ejemplo Rhythmic Auditory Stimulation (RAS), Musical Speech Stimulation (MUSTIM) o Auditory Perception Training (APT).

La revisión bibliográfica realizada en este trabajo, refleja los resultados prometedores publicados por diferentes autores tras utilizar la musicoterapia como práctica terapéutica, permitiendo dar una posible respuesta al título del trabajo, ¿por qué se producen resultados tan beneficiosos en pacientes con alteraciones del lenguaje cuando se tratan con musicoterapia?. En este estudio y con el fin de contestar a esta pregunta se ha investigado en la posible relación anatomofisiológica entre las áreas corticales de la percepción y procesamiento del lenguaje y el de la música.

Palabras Clave: Rehabilitación, musicoterapia, audición, lenguaje, música, percepción, procesamiento.

Introducción

La musicoterapia consiste en el tratamiento a un paciente con estímulos musicales. El interés por este tipo de terapia se está acrecentando en los últimos años, gracias a los resultados de mejora terapéutica. El uso de la musicoterapia está siendo generalizado y aplicado como parte del tratamiento en diferentes por patologías diversas.

El conocimiento y las aportaciones respecto a la investigación en musicoterapia se están dirigiendo hacia la posible relación a nivel cortical entre los estímulos musicales y lingüísticos, tanto a nivel de percepción, por sus cualidades fisicoacústicas, como a nivel de procesamiento, por sus características comunes en cuanto a la estructura. Tradicionalmente se ha venido considerando que música y lenguaje se procesan en hemisferios cerebrales diferentes, la música se considera como procesada en el hemisferio derecho, mientras que el lenguaje queda relegado al hemisferio izquierdo. Esta confirmación ha sido cuestionada en el siglo XXI, en el que se investigan las áreas activadas ante estímulos tanto lingüísticos como musicales. Wernicke y Broca,

áreas centrales del lenguaje, parecen ir más allá de la zona concreta con la que se relacionan desde su descubrimiento, es más, se han encontrado indicios de su activación ante estímulos puramente musicales no verbales (Limb 2006). Los estudios comparativos entre ambos tipos de procesamiento, música y lenguaje, se han ido matizando con el tiempo, gracias a una mejora de las técnicas como la magnetoencefalografía o tomografía por emisión de positrones, entre otras, que permiten observar con mayor precisión, las áreas implicadas en ambos procesamientos (Limb 2006; Ardila et al., 2016).

Las áreas de Broca y de Wernicke, se han relacionado como estructuras exclusivas del procesamiento de la música y del lenguaje, en el presente trabajo, se pretende hacer una revisión de la literatura más reciente y novedosa que permita poner de manifiesto otras áreas comunes relacionadas con el procesamiento de la música y lenguaje, lo que puede explicar el éxito de la musicoterapia como tratamiento terapéutico en la rehabilitación del lenguaje, para ello es imprescindible conocer el funcionamiento de la vía auditiva y los sustratos neuronales de música y lenguaje.

Desarrollo

Musicoterapia

La musicoterapia se define como un método terapéutico de la rama sanitaria que utiliza la música como medio para abordar objetivos relacionados con el desarrollo, la adaptación y rehabilitación en las áreas del lenguaje, conocimiento, motricidad y conducta psicológica de individuos con variedad de diagnósticos neurológicos, psicológicos, físicos y médicos (Hallam et al., 2016).

Métodos musicoterapéuticos

La musicoterapia es ampliamente utilizada para la rehabilitación y tratamiento de patologías como síndrome de Down, trastornos del espectro autista, afasias etc. En términos generales, la musicoterapia se utiliza para intervenir a niveles sensorimotrices, de rehabilitación del habla y de rehabilitación cognitiva (Hallam et al., 2016). La intervención sensorimotora, se refiere al papel de la música para facilitar el movimiento en extremidades superiores e inferiores, en pacientes con Parkinson, esclerosis múltiple, traumatismos craneoencefálicos (Hausdorff 2007; Hallam et al., 2016).

Las técnicas de musicoterapia empleadas son variadas, así en 2011 Mateos, revisó las técnicas más utilizadas:

- Imágenes guiadas con música (GIM): en este método se distinguen cuatro fases:
 - Primera fase: relajación del paciente, se busca que el paciente se encuentre cómodo tanto física (en posición tumbada) como psicológicamente (por medio de verbalizaciones sobre su estado).
 - Segunda fase: utiliza las verbalizaciones del paciente sobre su estado u otras imágenes para inducir la relajación
 - Tercera fase: el paciente debe evocar una imagen a través de la música que se reproduce en la sesión.
 - Cuarta fase: el paciente debe volver a un estado normalizado de conciencia y verbalizar o ilustrar la experiencia para luego dialogar con el terapeuta sobre la relación de esa experiencia con su vida diaria.

Es un método utilizado en pacientes con cáncer (Burns 2001) y demuestra su utilidad para mejorar el estado anímico de los pacientes.

- Musicoterapia analítica (modelo Mary Priestley): se trata de un modelo en el que el paciente o el terapeuta tocan un fragmento establecido por las necesidades del cliente o de manera improvisada, buscando la sensación de relajación en el paciente.
- Musicoterapia creativa (modelo Nordoff-Robbins): se trata de un método de improvisación en el que se utiliza el sonido de un piano en directo. El paciente acompaña al pianista con otra serie de instrumentos que van desde la propia voz hasta instrumentos de percusión. Este método busca la comunicación, así como aumentar la movilidad, coordinación...
- Método Benenzon: es un método de improvisación sonoro-musical en un contexto no-verbal. En él se

busca la expresión de la identidad sonora (ISO), es decir, la música con que el individuo se identifique.

- Método de musicoterapia conductista: este método busca cambios de conducta en el paciente a través de la musicoterapia, por lo que debe mostrar una relación funcional entre la música y la conducta.

De los métodos anteriormente mencionados no se han encontrado investigaciones que demuestren la eficacia de los métodos anteriores a pesar de ser las técnicas más extendidas en España (Mateos, 2011).

- Rhythmic Auditory Stimulation (RAS) es una técnica que se utiliza para la rehabilitación de movimientos, respiración, postura y percepción sensorial (Hausdorff 2007; Hallam et al., 2016).
- Patterned Sensory Enhancement (PSE) se trata de una técnica basada en elementos melódicos, rítmicos, armónicos y de intensidad que pretende evocar movimientos específicos habituales (Hallam et al., 2016). Se utiliza para la rehabilitación sensorimotora en adultos (Imogen et al., 2012).
- Therapeutic Instrumental Music Performance (TIMP) consiste en tocar un instrumento musical para ejercitar y simular patrones de movimiento, incluyendo fuerza, funcionalidad, de la mano, de los dedos adaptándose la forma en que se tocan los instrumentos para trabajar el movimiento que haya que ejercitar. Este método reduce la percepción de la fatiga en los pacientes y mejora la realización de los movimientos por parte de los pacientes, ya que la atención se focaliza en la música y no sólo en el movimiento (Lim et al., 2011).

La rehabilitación del habla se puede llevar a cabo con las técnicas musicoterapéuticas que permiten trabajar la comunicación verbal y no verbal. Las patologías más comunes que utilizan estas técnicas para su rehabilitación son: apraxia, disfemias, afasias, problemas prosódicos, de timbre, tono, etc.

Las técnicas que trabajan la rehabilitación del lenguaje y de las funciones cognitivas son:

- Vocal Intonation Therapy (VIT) o Melodic Intonation Therapy (MIT) es una terapia que utiliza la entonación de frases simulando la prosodia, inflexión y ritmo del habla normal. Se realiza a través de ejercicios vocales donde se entrenan aspectos como: control de la voz a través del timbre, tono, control de la respiración, inflexiones y dinámica de la voz (Norton et al. 2009). Es un método utilizado para la rehabilitación en pacientes con afasia de Broca (Shalug et al. 2008)
- Oral Motor and Respiratory Exercises (OMREX) se trata de una serie de ejercicios que utilizan materiales musicales y ejercicios basados en los sonidos de la vocalización e instrumentos de viento. Se utilizan con el objetivo de tratar articulación y control de la respiración pudiéndose utilizar en población infantil y adulta (McCauley et al. 2009).

La rehabilitación cognitiva se lleva a cabo con otras

Fonema	Frecuencia	Fonema	Frecuencia
[u]	150-300 Hz	[g]	800-1600 Hz
[r]	150-300 Hz	[k]	1200-2400 Hz
[β]	200-400 Hz	[d]	1200-2400 Hz
[r]	200-400 Hz	[]	1600-3200 Hz
[p]	300-600 Hz	[e]	2400-4800 Hz
[b]	300-600 Hz	[t]	2400-4800 Hz
[o]	400-800 Hz	[i]	3200-6400 Hz
[n]	400-800 Hz	[s]	4800-9600 Hz
[ä]	600-1200 Hz	[r]	150-300 + 1600-3200 Hz
[f]	600-1200 Hz	[θ]	200-400 + 1200-2400 Hz
[v]	600-1200 Hz	[χ]	400-800 + 1600-3200 Hz
[m]	600-1200 Hz		

Tabla 1. Correspondencia entre Hz y los fonemas (Gajik y Morán, 2011).

técnicas priorizando el reaprendizaje de las funciones de integración sensorial, atención, percepción auditiva. El Auditory Perception Training (APT) es un método que utiliza ejercicios musicales para discriminar e identificar diferentes componentes del sonido como el tiempo, la duración y el tono, así como los sonidos del habla. La integración es múltiple ya que se utilizan modalidades sensoriales diferentes (táctil, visual y kinestésica). Las personas que han sido entrenadas en la percepción musical, como propone este método, muestran una mayor capacidad para atender al sonido dentro de un ambiente ruidoso e integración sensoriomotora que aquellos que no han recibido entrenamiento musical (Kraus y Chandrasekaran, 2010).

En la actualidad existe un protocolo musicoterapéutico para la voz (MVTP), que permite trabajar los problemas relacionados con la inteligibilidad del habla, calidad de la voz, rango de intensidad vocal y entonación, utilizando ejercicios vocales y de canto (Baker et al., 2012).

El Music Therapy Foraphasia (SMTA) es un método que aúna música y lenguaje, sirve para mejorar la inteligibilidad y la comprensión de la comunicación en adultos con afasia (Hurkmans et al., 2015).

Los distintos métodos de musicoterapia, se pueden utilizar en gran parte de la población independientemente de la edad del paciente. En la población infantil el uso de la musicoterapia permite mejorar el habla de niños con autismo (Lim et al., 2010, 2011). La mejoría del desarrollo lingüístico en estos niños, si se compara la terapia musical con la terapia propia de estimulación del lenguaje, resulta prometedora.

La musicoterapia utilizada en niños con un desarrollo

MÚSICA	LENGUAJE
Notas	Fonemas
Acordes	Palabras
Frases musicales	Oraciones
Melodía	Tema
Armonía	Sintaxis

Tabla 2. Estructuras música y lenguaje, elaborada a partir de (Limb 2006).

del lenguaje retrasado (Groß et al., 2010), favorece el desarrollo del discurso, en la memoria fonológica y en la comprensión de oraciones. Los resultados parecen esperanzadores, pero los autores no son claros en la explicación del método, haciendo complicada su replicación con futuros pacientes. Entre las técnicas anteriormente mencionadas se utiliza el RAS con este tipo de población permitiendo una mejora a niveles de respiración, movimiento, postura, percepción. Todas estas posibilidades aquí mencionadas son solo algunos de los ejemplos que ofrece este tratamiento.

MÚSICA Y LENGUAJE

Estímulos acústicos

Música y lenguaje son estímulos acústicos, procesados desde el oído o audición periférica e interpretados por la vía y corteza auditiva o audición central, pero ¿qué características comparten? Se ha encontrado la correspondencia entre los distintos fonemas y los tonos o frecuencias emitidos en hercios (Hz) (Gajik y Morán 2011). En la Tabla 1 se representan las frecuencias de los fonemas que varían entre los 150 y los 6400 Hz. Así mismo, los sonidos musicales también tienen su equivalencia en Hz (Howard y Angus 2009). En la Figura 1 se advierte que el rango de frecuencias de las notas musicales oscila entre los 16,35 y 4186 Hz. Estos trabajos ponen en evidencia la relación entre las frecuencias del habla Tabla 1 y las notas musicales representadas en Figura 1, argumento que apoya la utilización de la música para la rehabilitación del habla. En la Figura 2 se observa las frecuencias que comparten los sonidos del habla y los sonidos musicales. Además de las características acústicas del sonido, la música también se utiliza por sus características específicas respecto a estructura, lo que permite que sea comparable con la estructura del lenguaje (Limb 2006). Las características comparativas entre música y lenguaje están representadas en la Tabla 2:

La estrecha correspondencia entre la música y el lenguaje que se ha puesto de relieve en las Tablas 1, 2 y las Figuras 1, 2 justifica el uso de la música para la rehabilitación del lenguaje. Las técnicas de musicoterapia mencionadas en el apartado anterior por tanto tendrían un fundamento por el que la estimulación con música permite conseguir mejoras en el lenguaje.

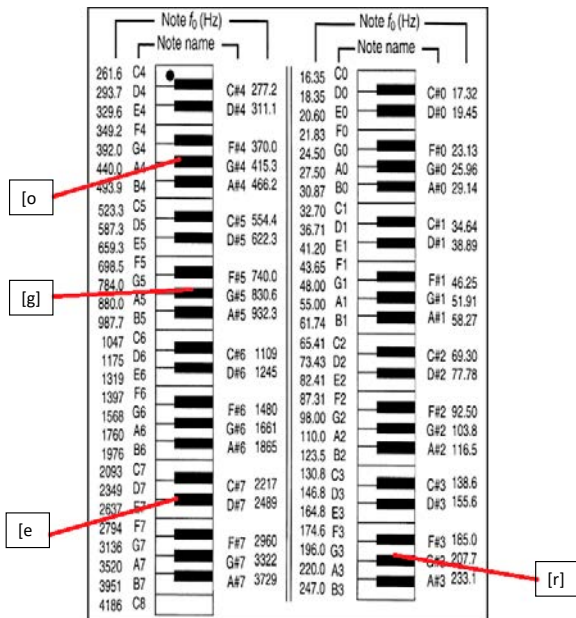


Figura 1. Correspondencia entre las notas y los hercios a los que son emitidos (Howard y Angus 2009).

Estos resultados de mejora plantean un interrogante científico ¿existen estructuras comunes, a nivel cortical, que reconozcan la música y el lenguaje? No hay una respuesta evidente a la pregunta, pero en la actualidad se está modificando la certeza, considerada en épocas pasadas, respecto a las grandes diferencias funcionales de ambos hemisferios corticales, hemisferio derecho para la música y hemisferio izquierdo para el lenguaje (Limb 2006). Música y lenguaje están formados por sonidos, considerados como perturbaciones de un medio sólido, líquido o gaseoso (Howard y Angus 2009), que se representan por medio de ondas periódicas y no periódicas. Las ondas periódicas simbolizan el sonido, mientras que las no periódicas representan el ruido.

Los sonidos del habla, al igual que los sonidos musicales, poseen características propias de sonidos no armónicos (complejos) y representados por curvas sinusoidales. Los sonidos complejos, son explicados según el Teorema de Fourier como “todo movimiento periódico, no armónico que puede descomponerse en una suma de movimientos armónicos puros, cuyas frecuencias son múltiplos de la frecuencia correspondiente o también denominada fundamental (o sonido puro), según una serie de números naturales” (Howard y Angus 2009). Estos sonidos son determinados por tres características: intensidad, tono y timbre.

Las ondas sonoras que representan los sonidos, se definen como movimientos regulares y sistemáticos de las moléculas del medio denso transmisor, que se superponen a los movimientos caóticos propios de dichas moléculas y que, transmitiéndose a una determinada velocidad, llegan al oído (Boix y Palacián 2010), donde se modifican y propagan como mensaje sináptico por la vía auditiva hasta alcanzar la corteza auditiva localizada en el área temporal del cerebro donde se produce la interpretación del sonido (Jara y Délano, 2014). El sonido, posee características físicas, pero también psí-

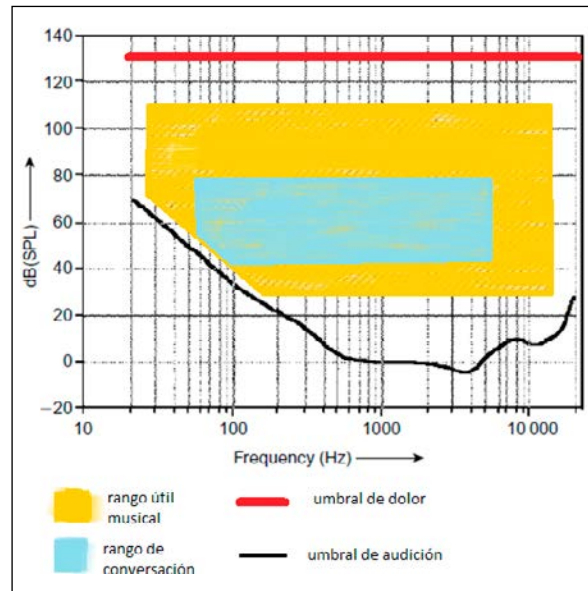


Figura 2. Representación de las frecuencias del habla y los sonidos musicales (Howard y Angus 2009).

quicas, relacionadas con la interpretación del mismo por parte del sistema nervioso central.

En humanos, los dos hemisferios cerebrales presentan una asimetría morfofuncional relacionada la especialización del hemisferio izquierdo para el lenguaje. Dicha asimetría se debe a:

1. El giro de Heschl (GH), localizado en el plano o plano temporal superior (PT).
2. A una mayor región del área auditiva primaria
3. Un mayor número de fibras corticales de conexión en el hemisferio izquierdo.

La corteza auditiva localizada en el lóbulo temporal del cerebro, se divide en corteza auditiva primaria (AI) Área de Brodman (AB) 41 y AB 42 y secundaria (AII), AB 22). Ambas áreas responden a estímulos diferentes, que además son transmitidos por diferentes porciones de la vía auditiva. Ambas se relacionan con otros sistemas sensoriales gracias a las áreas auditivas de asociación. Las áreas AI y AII, además, están relacionadas con GH, a lo largo de la cisura de Silvio, (Abdul-Karem y Sluming 2008; Saenz y Langers 2013)

La formación anatómica GH divide el PT en dos áreas, un área rostral (PTR) y un área rostral temporal (PTRT). El GH puede encontrarse en ambos hemisferios, aunque no al mismo nivel, en el hemisferio izquierdo se encuentra más posterior que en el derecho, diferencia morfológica fundamental entre primates y humanos (Jara y Délano 2014). Así mismo, es frecuente que el GH se encuentre duplicado en el hemisferio derecho (Marie et al., 2015).

El área AI se caracteriza por presentar las capas II y IV densas y uniformes, (Jara y Délano 2014), está organizada por bandas paralelas de tal manera que los sonidos de alta frecuencia se localizan en la región posterior o lateral y los de baja frecuencia en la anterior o medial. Funcionalmente se encarga del análisis frecuencial y de

la intensidad de los sonidos, siendo algo más rápida en su activación que el AII, y respondiendo a un mayor rango de estímulos sonoros. El AI es crucial para el procesamiento auditivo inicial, en él se extraen las señales básicas del sonido, como la frecuencia, lateralización, modulación, volumen, armonía (Abdul-Kareem y Sluming 2008).

El área AII analiza sonidos complejos como son el lenguaje y la música y proporciona un alto nivel de interpretación y procesamiento a la información aportada por el área AI. Esta área AII, además, se activa ante la imaginación sonora o la experiencia fenomenológica de la percepción en ausencia de un estímulo, (Zatorre y Salimpoor 2013). Así mismo es sensible a modulaciones temporales más lentas y amplias que el área AI, (Langers et al., 2007). El área AII, estructuralmente posee una organización tonotópica, en la que los sonidos de baja frecuencia se localizan en la parte posterior o lateral y los de alta frecuencia en la parte anterior o medial. Existen siete subáreas dentro del área AII: área auditiva posterior, área auditiva lateral, área auditiva lateroposterior, área auditiva anterolateral, área auditiva lateral, área auditiva medial y área auditiva temporal superior, cada una con una función específica relacionada con la localización del sonido y su reconocimiento (Jara y Délano 2014).

Percepción y procesamiento de la música

Los trabajos publicados en áreas de otorrinolaringología, audiología audición, acústica o psicoacústica generalmente no definen con precisión los términos percepción y procesamiento. En este trabajo, se considera percepción al proceso por el que el estímulo acústico, que es una onda sonora de representación sinusoidal, alcanza el oído externo, pasa al oído medio, y se transforma en energía eléctrica en el oído interno para que se formen las sinapsis correspondientes y se pueda interpretar esta onda sonora en la corteza auditiva a través de los núcleos de la vía auditiva (Limb 2006; Peretz y Coltheart 2003). Este proceso conlleva unas modificaciones fisicoquímicas y estructurales que permiten la generación de un potencial de acción, intercambio iónico, liberación de neurotransmisor, formación de sinapsis químicas. Este proceso o procesamiento auditivo, permite reconocer los diferentes sonidos y por supuesto la palabra hablada o lenguaje oral.

La neuropsicología ha admitido la creencia de una especialización para cada hemisferio cerebral. Así el hemisferio izquierdo estaría consignado al lenguaje, ya que, en general, se da una mayor activación de ese hemisferio ante estímulos lingüísticos. Mientras que el hemisferio derecho parece activarse preferiblemente ante sonidos largos y más variables tonalmente (McGettigan y Scott 2012). En resumen, el hemisferio izquierdo parece responder a diferentes tipos de información lingüística mientras que el hemisferio derecho respondería a los sonidos relacionados con la variación del tono (McGettigan y Scott 2012).

Percepción y procesamiento del lenguaje

La percepción y procesamiento del lenguaje, se relaciona con las áreas de Wernicke y Broca. El modelo Wernicke-Geschwind, desde la psicología, sigue siendo válido, aunque se considere demasiado simple y le falte incluir funciones lingüísticas y áreas neurológicas del sistema nervioso central relacionadas con el lenguaje (Cuetos 2015). Este modelo explica el procesamiento del lenguaje, en el que defiende que la información acústica, procedente de ambos oídos, se proyecta en el área AI del lóbulo temporal izquierdo y de ésta, al área de Wernicke. El área de Broca actúa para la pronunciación de las palabras, recibiendo la información a través del fascículo arqueado, estructura que une el área de Broca y Wernicke (Cuetos 2015).

Actualmente, la neurobiología de la audición incluye en este procesamiento otras zonas como son el área prefrontal dorsolateral, área motora suplementaria, áreas temporales superior, media e inferior, zona parietal inferior y circunvoluciones angular y supramarginal, todas ellas pertenecientes al hemisferio izquierdo (Cuetos 2015; Cantero y Bartolome 2016). También se considera que el hemisferio derecho actúa en procesamiento semántico y en el procesamiento del discurso además de estructuras subcorticales como tálamo, ganglios basales, fascículo arqueado y cuerpo calloso (Cuetos 2015).

La percepción del habla se basa en teorías de las que se destacarán las dos siguientes por su relevancia actual (Cuetos 2015):

- **Teoría motora:** esta teoría mantiene que el habla es percibida gracias a los movimientos articuladores que son el origen de los sonidos del habla. Defiende que los movimientos y las órdenes motoras son el verdadero objeto de la percepción, no la señal acústica en sí, por las consecuencias acústicas y articulatorias que producen.
- **Teoría auditiva general:** plantea que la percepción del habla se produce exclusivamente gracias al sistema general de audición, sin existir módulos decodificadores específicos para el lenguaje. Los datos aportados por las teorías de percepción del lenguaje contrastan con lo referido por otros autores. El área de Wernicke (AB22) se localiza cerca del área auditiva AII, en la primera circunvolución temporal y se considera la encargada del reconocimiento de palabras (Ardila et al., 2016). Esta área, se encuentra vinculada con “áreas de asociación lingüística” por su función de relacionar el lenguaje con otros tipos de información (Ardila et al., 2016):
 - La circunvolución temporal inferior (AB20)
 - La circunvolución fusiforme (AB37), relacionada con el reconocimiento visual además de con las funciones semánticas del lenguaje.
 - El PT (AB38), se corresponde con procesos de producción y comprensión del lenguaje además de con funciones visión espacial e integración audiovisual.
 - La circunvolución angular (AB39), tiene una función integradora del lenguaje.

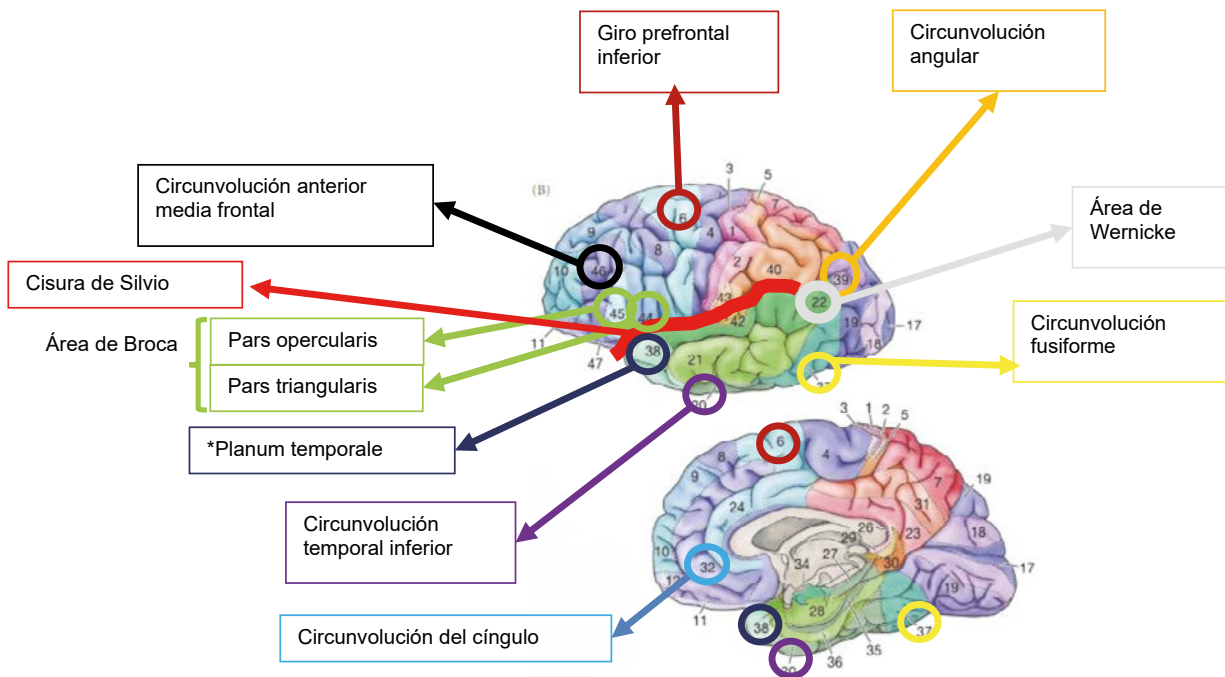


Figura 3. Áreas relacionadas con el procesamiento del lenguaje (Martin, 2012)

El área de Broca (AB44 y AB45) (Figura 3) denominada región motora del habla, se relaciona con la producción del lenguaje y la gramática. Esta área comprende el área pars opercularis (AB44) y pars triangularis (AB45), en la circunvolución frontal inferior, y se relaciona con la circunvolución anterior medial frontal (AB46) (Figura 3), en la corteza prefrontal, así como con el giro prefrontal inferior (AB6) (Figura 3) y circunvolución del cíngulo (AB32) (Figura 3) (Stemmer y Whitaker 2008; Ardila et al., 2016). El área AB44 se relaciona con los ganglios basales de manera significativa mientras que el AB46 se relaciona con regiones frontales (Ardila et al., 2016). Esta área AB44 se relaciona con estructuras subcorticales, tales como el tálamo y el putamen izquierdo, (Figura 3), así como áreas visuales secundarias y la parte derecha del cerebelo. Se relaciona también con la circunvolución del cíngulo, área motora suplementaria izquierda así como con la corteza prefrontal y pars triangularis (Figura 3), ambas áreas relacionadas con el procesamiento semántico (Ardila et al., 2016).

La ínsula participa en el procesamiento del lenguaje, ya que actúa como comprensión y coordinación de los sistemas léxico-semántico (temporal) y gramatical (frontal). Además, la cisura de Silvio y el área temporal superior, en la que se encuentra el área secundaria, también se incluyen entre las áreas activadas ante estímulos auditivos lingüísticos (Ardila 2016).

Percepción y procesamiento de la música

La música, está compuesta por sonidos organizados de acuerdo a unos principios de tono, ritmo y armonía de

una manera unificada. Tradicionalmente se ha hablado de una especialización por parte del hemisferio derecho para la música, y se ha especulado con la existencia de áreas especializadas para este procesamiento musical, aunque existen pocas teorías o modelos con respecto al análisis musical, y ninguno de ellos está reconocido actualmente por los expertos en el campo (Peretz y Coltheart 2003). Uno de los modelos que trata de explicar el procesamiento musical de manera global es el modelo de procesamiento musical (Peretz y Coltheart 2003) representado en la Figura 4. En dicho modelo se representan las posibles de los estímulos acústicos hasta ser interpretados como música o como discurso. El modelo de procesamiento musical de Peretz y Coltheart (2003) recoge la existencia de dos sistemas de análisis para la música:

1. **Sistema melódico:** incluye los procesos de análisis del contorno melódico, análisis de intervalos (distancia y dirección ascendente o descendente entre las notas) y decodificación tonal (cada una de las notas de la melodía) (García-Casares et al., 2011).
2. **Sistema temporal:** contiene el análisis rítmico (duración de las notas) y métrico (partes fuertes y débiles por unidad de tiempo) (García-Casares et al., 2011).

Ambos sistemas actúan de manera conjunta y envían información al léxico musical, que engloba a la memoria o repertorio musical (García-Casares et al., 2011). La percepción y procesamiento de la música implica a la corteza auditiva (AI y AII) y diversas áreas cerebrales (Figura 5). La capacidad musical se relaciona con el GH, ya que existe un aumento del volumen de materia gris en profesionales de la música frente a no músicos

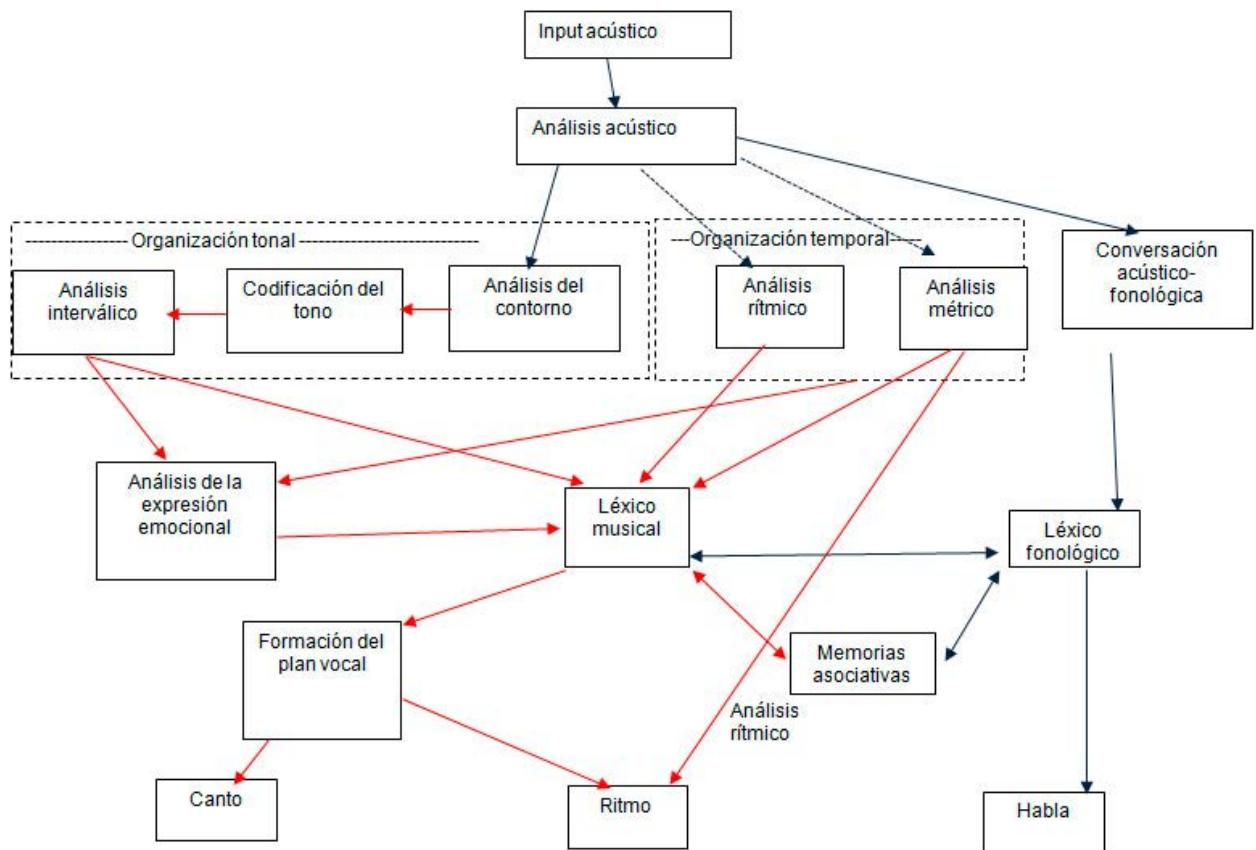


Figura 4. Modelo sobre el procesamiento de la música (Peretz y Coalheart 2003)

en esta área (Limb, 2006). Esta capacidad musical también, se encuentra relacionada con las áreas corticales temporal y frontal, (Zatorre y Salimpoor, 2013). Relacionado con el área temporal se encuentran estructuras como el giro temporal superior (AB22) que se activa en el procesamiento musical de manera bilateral. La porción posterior del giro temporal medio (AB21), también se activa ante ejercicios musicales, para el procesamiento del ritmo, y, junto con la porción superior (AB22) e inferior (AB20), para la memoria musical (Limb, 2006). La corteza frontal se relaciona con las representaciones de la estructura musical (Zatorre y Salimpoor 2013).

El área de Broca, se activa en tareas musicales sin necesidad de lenguaje explícito y al producirse acordes disonantes, es decir, compuestos por notas lejanas a la estructura armónica de una pieza musical (Limb 2006). Las áreas prefrontales (AB9-12) se activan para la percepción del tono, mientras que las áreas suplementarias motoras (AB8-10) y corteza premotora (AB6-7) se activan para el procesamiento del ritmo junto con la corteza parietal (AB1-2-3-5) y los ganglios basales (Limb 2006).

El fascículo arqueado es una estructura que une el área de Broca con el área de Wernicke (Cuetos, 2015) y se encuentra formado por una mayor cantidad de sustancia blanca en personas que hayan recibido un entrenamiento musical (Moore et al., 2017).

La ínsula se activa ante gran cantidad de tareas musicales, como son el procesamiento de la melodía y el tempo o el

procesamiento emocional de la música (Zamorano et al., 2017). El entrenamiento musical se relaciona con cambios neuronales a nivel de la ínsula, ya que ésta permite integrar información sensoriomotora, expresión emocional y control cognitivo mientras se realiza una interpretación musical (Zamorano et al. 2017).

La música, tal como muestran los datos anteriores, tiene una gran representación repartida por todo el cerebro.

Discusión

La musicoterapia utiliza recursos y estímulos sonoros variados ofreciendo múltiples posibilidades de tratamiento a patologías de etiología muy diferente y complejas (Hausdorff 2007; Hallam et al., 2016). En todos los artículos revisados respecto a la rehabilitación del lenguaje oral los resultados obtenidos son positivos y prometedores, pero en ninguno de los artículos revisados relaciona su utilización ni sus resultados con la razón por la que ocurre mejoría tras el tratamiento musical.

Todo estímulo sonoro se compone de intensidad y frecuencia lo que a nivel biológico se define como tonotopía (Tresguerres 2005). La tonotopía es característica para cada tipo de estructura y tipo neuronal (Tresguerres 2005). El tipo de estímulo según su tonotopía y duración o permanencia es reconocido e identificado en todas las estructuras implicadas en el procesamiento desde el oído interno, vía y corteza auditiva. El estímulo sea musical o lingüístico oral es interpretado conscientemente a nivel cortical (áreas AI y AII),

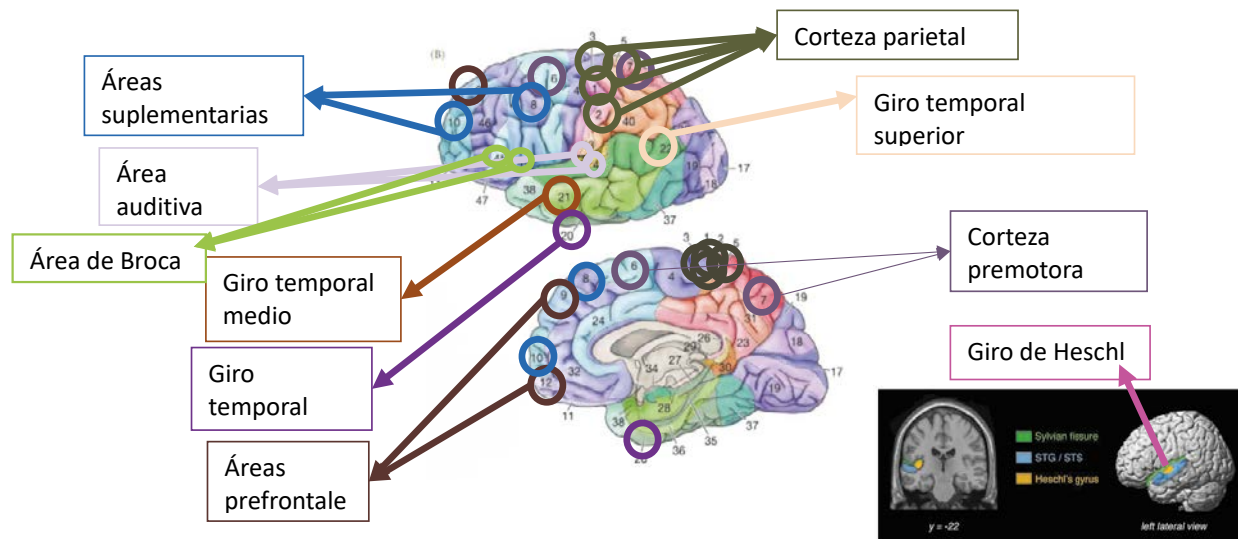


Figura 5. Áreas cerebrales implicadas en la percepción y el procesamiento de la música (Martin, 2012)

dando significado y diferenciando un tipo de estímulo del otro por lo que la utilización de melodías musicales pueden ser un apoyo y refuerzo para las terapias del lenguaje (Howard y Angus 2009; Gajik y Morán 2011; Limb 2006). Estas áreas AI y AII reciben información de otros sistemas sensoriales como la visión y el olfato, el sistema límbico. El AI y AII, además, reciben información del GH, principalmente relacionado con la capacidad musical tradicionalmente (Limb 2006). El área AII mezcla los distintos tipos de información que recibe de manera progresiva mientras que el área AI se ve modulada por estos sistemas (Jara y Délano 2014). Las áreas AI y AII se relacionan con el área de Broca a través del GH (Escajadillo 2014).

La revisión bibliográfica realizada en este trabajo considerando puntos comunes y/o divergentes entre lenguaje y música, pone de manifiesto una correspondencia entre las frecuencias utilizadas por la música y el habla, dicha correspondencia puede observarse en las notas y en los fonemas, los componentes básicos de música y habla respectivamente (Howard y Angus 2009; Gajik y Morán 2011). Los datos expuestos por estos autores se conciben como un apoyo fundamental para la musicoterapia, así como un punto de partida para futuras investigaciones.

Los modelos aportados por la psicología sobre la percepción del habla son confusos, defienden que su objeto es o bien la audición, sin necesidad de otros estímulos, o bien que la audición no es el objetivo fundamental de la percepción, sino la planificación de los actos articulatorios (Cuetos 2005). Obviar la audición para la percepción del lenguaje es un hecho cuestionable, ya que todo estímulo auditivo ya sea lenguaje, música o ruido tienen una base acústica (Howard y Angus 2009; Gajik y Morán 2011) de la que no puede disociarse.

Los modelos sobre percepción y procesamiento de la música son muy escasos debido a la poca investigación que existe al respecto de ella. El modelo sobre el procesamiento de la música (Peretz y Coltheart 2003) resulta muy simple, pero es un primer paso para el desarrollo

de futuras investigaciones sobre la cognición musical. Se trata por tanto de un modelo novedoso que incluye el habla como parte del mismo, haciendo evidente la relación entre ambos estímulos.

Los hemisferios izquierdo y derecho, con respecto a la estimulación auditiva, se diferencian por su respuesta ante las características de los estímulos, observándose una mayor respuesta por parte del hemisferio izquierdo ante el tiempo frente a una mayor respuesta del hemisferio derecho ante el tono (Limb 2006). El área de Broca y Wernicke se relacionan con el área auditiva, aunque son zonas tradicionalmente relacionadas con lenguaje que actualmente están en investigación, viéndose cuestionados sus límites citoarquitectónicos (Ardila et al., 2016):

- El área de Wernicke se considera la encargada de reconocimiento de palabras y, con el paso del tiempo, se ha ido extendiendo pudiéndose llegar a llamar complejo de Wernicke, (Ardila et al., 2016), por la gran cantidad de zonas con las que se relaciona. En los estudios sobre música aparecen la región temporal medial, inferior y giro temporal superior, como relacionadas con música (Limb 2016) mostrando una coincidencia entre música y lenguaje.
- El área de Broca se vincula con la producción del lenguaje y la gramática, relacionándose también con otras áreas como el AB46 (Ardila et al., 2016). Además, los estímulos musicales activan propiamente el área de Broca bilateralmente en la detección de la armonía (Limb 2016), así como la región frontal inferior, también relacionada con la detección de la armonía, áreas suplementarias motoras, corteza premotora, ambas para el procesamiento del ritmo de la pieza musical, y región temporal superior relacionada con la memoria musical (Limb 2016).

El estudio realizado (Peretz y Zatorre 2003) relaciona música con lenguaje en cuanto a sus sustratos neuronales. Las correlaciones entre lenguaje y música, muestran zonas activas en áreas como GH y PT. Además

reconoce que AI y AII se relacionan con ambos tipos de señales acústicas, así también, el área de Broca es activada ante estímulos musicales y lingüísticos añadiendo que, ante ejercicios como tocar o imaginar que se toca un instrumento, se encuentra una activación del área motora suplementaria y el cerebelo derecho como activados durante el proceso. Añade también la existencia de un giro supramarginal relacionado con el lenguaje simbólico que es activado durante la lectura de partituras (Peretz y Zatorre 2003).

Finalmente, la musicoterapia favorece cualquier tratamiento y de manera muy especial la rehabilitación lingüística ya que, el análisis de un estímulo sonoro, activa estructuras neurológicas auditivas y corticales similares y estrechamente relacionadas con el lenguaje.

Conclusiones

1. La psicología no se basa en las bases neurológicas del lenguaje para formular teorías sobre la percepción y el procesamiento del lenguaje, por lo que dichas teorías se muestran incompletas.
2. El procesamiento de la música es un campo que se encuentra actualmente en estudio, las conclusiones entre los autores todavía no son claras, aunque empieza a encontrarse un consenso con respecto a las zonas activadas en su procesamiento.
3. Los estímulos acústicos, independientemente de su origen, se transmiten a través de las mismas estructuras de la vía auditiva y activan áreas comunes (GH, AI y AII), implicando y favoreciendo las relaciones existentes entre el procesamiento de estímulos musicales y del lenguaje.
4. Los estudios de musicoterapia se muestran incompletos ya que la explicación de los métodos musicoterapéuticos no es clara, existe mucha ambigüedad con respecto a cómo se realizan dichas técnicas. Además los estudios encontrados no se relacionan con datos neurológicos objetivos, sino con la percepción más o menos subjetiva que resulte de un tiempo determinado de terapia.
5. La importancia de relacionar musicoterapia y neurología es urgente, será una manera de avanzar en los resultados terapéuticos. Así mismo, mayor conocimiento de cómo actúan los tratamientos que se proporcionan a los pacientes a nivel fisiológico debe ser el punto de partida de próximas investigaciones para poder seleccionar aquellos métodos que sean más satisfactorios para las terapias con música.
6. Las posibilidades que ofrece la musicoterapia en Logopedia son amplias por la conexión tan estrecha de las estructuras implicadas en la percepción y procesamiento del lenguaje y de la música. Esta conexión continúa en estudio pero los resultados hasta el momento parecen consistentes.
7. Se necesita ampliar la investigación en la relación lenguaje y música para obtener más y mejores rendimientos en el tratamiento con musicoterapia en pacientes con alteración del lenguaje oral.
8. Los estudios sobre musicoterapia son muy escasos,

es necesario aumentar las investigaciones al respecto para poder desarrollar técnicas más eficaces.

9. El uso de la musicoterapia debe plantearse como tratamiento terapéutico complementario a técnicas de rehabilitación del lenguaje específicas, no de manera exclusiva. El lenguaje implica procesos específicos que no posee la música como la prosodia o la lectoescritura.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Abdul-Kareem I., Sluming V.** 2008. Heschl Gyrus and Its Included Primary Auditory Cortex: Structural MRI Studies in Healthy and Diseased Subjects *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 28:287-299
2. **Ardila A., Bernal B., Rosselli M.** 2016. Área cerebral del lenguaje: una reconsideración funcional *Revista de Neurología*, 62 (3): 97-106
3. **Boix y Palacián, J. M.** 2010. Acústica y audiometría. Alicante, ES: ECU
4. **Burns, D. S.** 2001. The effect of the Bonny Method of Guided Imagery and Music on the mood and life quality of cancer patients *Journal of Music Therapy*, 38(1): 51-65
5. **Cantero, I., Bartolome M.V.** 2016. La comprensión del lenguaje oral en la sordera, la agnosia auditiva verbal y la afasia *Auditio: Revista Electrónica de Audiología*, 4(3): 67-74
6. **Cuetos F., González, J., Vega, M.** 2015. Psicología del lenguaje. Madrid, ES: Medica-Panamericana
7. **Escajadillo, J.R.** 2014. Oídos, nariz, garganta y cirugía de cabeza y cuello. México: Manual Moderno
8. **GajikLiska, K., Morant Gimeno, A.** 2011. Sordera y comunicación: Metodología Verbotonal e implante coclear, Málaga ES: Ediciones Aljibe
9. **García Atarés, N.** 2003. Anatomía de los órganos del lenguaje, visión y audición, Madrid ES: Editorial Médica Panamericana
10. **García-Casares, N., Berthier, M.L., Froudin S., González-Santos P.** 2011. Modelo de cognición musical y amusia. *Elsevier España*, 28(3): 179-186
11. **Groß, W., Linden, U., Ostermann, T.** 2010. Effects of music therapy in the treatment of children with delayed speech development - results of a pilot study *Complementary and Alternative Medicine*, 10: 39-49
12. **Hallam, S., Cross I., Thaut, M.** 2016. *The Oxford Handbook of Music Psychology*, New York US: Oxford University Press
13. **Hausdorff, J.M., Lowenthal J., Herman T., Gruendinger L., Peretz, C., Giladi, N.** 2007. Rhythmic auditory stimulation modulates gait variability in Parkinson's disease *European Journal of Neuroscience*, 26: 2369-2375
14. **Howard, D. M., Angus, J. A.S.** 2009. *Acoustics and Psychoacoustics 4ª Edición* Burlington US: Focal press
15. **Hurkmans, J., Jonkers R., Brujin, M., Bonnstra A.M., Hartman P.P., Arendzen H., Reinders-Messelink, H. A.** 2015. The effectiveness of speech-music therapy for aphasia (smta) in five speakers with apraxia or speech or aphasia, *Aphasiology*, 29(8): 939-964
16. **Jara, N., Délano P. H.** 2014. Avances en corteza auditiva, *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 14, 74: 249-258
17. **Kraus, N., Chandrasekaran, B.** 2010. Music training for the development of auditory skills *Nature Reviews*, 2: 599-605
18. **Langers, D., Backes, W., van Dijk, P.** 2007. Representation of lateralization and tonotopy in primary versus secondary human auditory cortex *NeuroImage*, 34: 264-273

19. **Lim, H. A.** 2010. Effect of "Developmental speech and language training through music" on speech production in children with autism spectrum disorders, *Journal of Music Therapy*, 67(1): 2-26
20. **Lim, H. A., Draper, E.** 2011. The effects of music therapy incorporated with applied behavior analysis verbal behavior approach for children with autism spectrum disorders, *Journal of Music Therapy*, 48(4): 532-550
21. **Lim, H. A., Miller, K., Fabien, C.** 2011. The effects of therapeutic instrumental music performance on endurance level, self-perceived fatigue level, and self-perceived exertion of inpatients in physical rehabilitation, *Journal of Music Therapy*, 48(2): 124-148
22. **Limb, C.** 2006. Structural and functional neural correlates of music perception, *The anatomical record part A*, 288A:435-446
23. **Marie, D., Jobard, G., Crivello, F., Perchey, G., Petit, L., Mellet, E., Joliot, M., Zago, L., Mazoyer, B., Tzourio-Mazoyer, N.** 2015. Descriptive anatomy of Heschl's gyri in 430 healthy volunteers, including 198 left-handers; *Brain StructFunct*, 220: 729-743
24. **Martin, J.** 2012. *Neuroanatomía. Texto y atlas 4ª Edición MEX*: McGraw-Hill
25. **Mateos, L.A.** 2011. *Terapias artístico creativas 1ª Edición Salamanca ES: Amarú ediciones y autores*
26. **McCuley, R. J., Strand, E., Lof, G. L., Schooling, T., Frymark, T.** 2009. Evidence-Based Systematic Review: Effects of Nonspeech Oral Motor Exercises on speech American *Journal of Speech – Language Pathology*, 18(4): 343-360
27. **McGettigan, C., Scott, K. S.** 2012. Cortical asymmetries in speech perception: what's wrong, what's right and what's left? *Trends in Cognitive Sciences*, 5(16): 269-276
28. **Moore, E., Schaefer, R. S., Bastin, M. E., Roberts, N., Overy, K.** 2017. Diffusion tensor MRI tractography reveals increased fractional anisotropy(FA) in arcuate fasciculus following music-cued motor training; *Brain and Cognition*, 116: 40-46
29. **Norton, A., Zipse, L., Marchina, S., Schalug, G.** 2009. Melodic Intonation Therapy Shared insights on how it is done and why it might help; *The neurosciences and music III: disorders and plasticity*, 1169: 431-436
30. **Peretz, I., Coltheart, M.** 2003. Modularity of music processing *Nature Neuroscience*, 6(7): 688-691
31. **Peretz, I., Zatorre R.** 2003. *The cognitive neuroscience of music*, New York US: OXFORD University Press
32. **Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W., La Mantia A. S., White, L.** 2015. *Neurociencia*, Oviedo ES: Editorial Médica Panamericana
33. **Saenz, M., Langers, D.** 2013. Tonotopic mapping of human auditory cortex *Hearing Research*, 1-11
34. **Schlaug, G., Marchina, S., Norton, A.** 2008. From singing to speaking: why singing may lead to recovery of expressive language function in patients with broca's aphasia *Music Perception*, 25(4): 315-323
35. **Stemmer, B., Whitaker, H.** 2008. *Handbook of neuroscience of language 1ª Edición USA: Elsevier*
36. **Talavera, P., Gértrudix, F.** 2016. El uso de la musicoterapia para la mejora de la comunicación de niños con Trastorno del Espectro Autista en Aulas Abiertas Especializadas, *Revista Complutense de Educación*, 27(1): 257-284
37. **Tresguerres, J. A. F.** 2005. *Fisiología Humana*, Madrid ES: McGraw-Hill Interamericana
38. **Zamorano, A. M., Cifre, I., Montoya, P., Riquelme I., Kleber, B.** 2017. Insula-Based Networks in Professional Musicians: evidence for Increased Functional Connectivity during Resting State fMRI, *Human Brain Mapping*, 38: 4834-4849
39. **Zatorre, R. J., Salimpoor, V. N.** 2013. De la percepción al pla-

cer: la música y sus sustratos neuronales, *LudusVitalis*, 21 (40): 293-317