



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
División de Ciencias Biológicas
Departamento de Ciencias Ambientales

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

Relación entre habilidades de reconocimiento prosódico emocional y musical en niños

Tesis
que para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO
(ORIENTACIÓN NEUROCIENCIA)

presenta

Olga Avalos García

Comité tutorial

Dra. Julieta Ramos Loyo (Directora)

Dra. Esmeralda Matute Villaseñor

Dra. Fabiola R. Gómez Velázquez

Dr. Andrés A. González Garrido

Dedicatoria

A la memoria de mi padre Juan Avalos Santana (1938-2009).

**Esta vida efímera
Me cautiva
Y a ti os libera
Espacio y tiempo
Tu esencia
Inherente
Permanece**

Agradecimientos

Gracias a la Universidad de Guadalajara, al Instituto de Neurociencias del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Ambientales y al CONACYT. Por permitirme ampliar mis horizontes.

Gracias a la Dra. Julieta Ramos Loyo por todo el apoyo concedido a la realización de este proyecto, por sus sabios consejos, su motivación y paciencia.

Gracias a los miembros de mi comité por las horas dedicadas a la revisión del proyecto, y por su invaluable contribución al contenido del mismo.

Gracias al Dr. Luis Miguel Sánchez Loyo por su apoyo en la comprensión de la investigación y sus consejos acertados para la realización del mismo.

Gracias mis compañeros y amigos del laboratorio y del Instituto de Neurociencias por sus asertivos comentarios, apoyo y compañerismo: Eduardo, Gregorio, Alma, Cristi, Erika, Elena, Adriana, Lucy, Caro, Miguel, Flor y Carlos.

Un Agradecimiento especial a Alma Gabriela y Alma Cristina por su apoyo técnico en la realización del proyecto.

A todos los participantes en este proyecto de investigación por su amable cooperación.

Gracias a mis compañeros de generación por compartir conmigo sus conocimientos y consejos, especialmente a Eduardo, Lucia, y Karla.

Agradezco enormemente a mi familia por su amor y apoyo en mi deseo de llevar más allá mi educación.

Agradezco a mis amigos, Jaime, Eduardo, Gregorio, Lucy, Tere, Claudia, Angeles, Lupita, Vero, Columba y Martha, por su amistad, solidaridad y paciencia.

Finalmente, agradezco a la vida, energía vital y trascendente por alejarme de la entropía que mina mi existencia.

RESUMEN
ABSTRACT

I INTRODUCCIÓN

II ANTECEDENTES

1 Prosodia	1
1.1 Prosodia emocional	1
1.1.1 Importancia del reconocimiento prosódico emocional	2
1.2 Procesos neurales implicados en el reconocimiento prosódico emocional.	3
1.2.1 Los efectos derivan del estímulo	4
1.2.2 Los efectos dependen de la tarea	5
1.2.3 Modelo del procesamiento de la prosodia emocional	8
1.2.4 Estructuras involucradas en el reconocimiento prosódico de cada emoción	10
1.3 Desarrollo en el reconocimiento de la prosodia emocional	13
1.4 Diferencias sexuales en el reconocimiento prosódico emocional	19
1.4.1 La investigación neurofisiológica y las diferencias de género	19
2 Música	23
2.1 Elementos que constituyen la música	25
2.2 Reconocimiento musical	26
2.2.1 Modelo neuropsicológico para el reconocimiento musical	27
2.2.2 Batería para la evaluación musical	30
2.3 Procesos neurales implicados en el reconocimiento musical	30
2.3.1 Naturaleza del estímulo y educación musical	30
2.3.2 Percepción musical en no músicos	31
2.3.2.1 Percepción del tono	31
2.3.2.2 Percepción del ritmo	33
2.3.3 Percepción musical en músicos	34
2.4 Percepción de las emociones en la música	35
2.5 Desarrollo de reconocimiento musical	35
2.6 Diferencia sexuales en el reconocimiento musical	39
3 Relación entre prosodia y música	41
3.1 El sonido	41
3.2 Vía sensorial	43
3.3 Estructuras cerebrales que participan en el reconocimiento prosódico emocional y la música	51
3.4 Desarrollo ontogénico del reconocimiento prosódico emocional y la música	67
3.5 Música y prosodia emocional y desarrollo del lenguaje	68
3.6 Música y lenguaje: elementos y reglas	69
3.7 Procesos cognitivos y emocionales	70
3.8 Prosodia emocional, música y comunicación de emociones	71
3.9 Efectos de la educación musical	73
3.10 Modelo neuropsicológico para el lenguaje y la música	74

4. Cambios en el Sistema Nervioso Central durante la infancia	77
4.1 Cambios durante la niñez tardía	78
4.1.1 Cambios en la materia gris y en la materia blanca	80
4.1.2 Diferencia sexuales en la materia gris y materia blanca	83
III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	85
Objetivo	86
Objetivos particulares	86
Hipótesis	86
Hipótesis específicas	87
IV MÉTODO	87
Participantes	87
Variables	88
Materiales	88
1 Pruebas para la selección de la muestra	88
2 Pruebas experimentales	92
Reconocimiento emocional prosódico	92
Reconocimiento musical	92
Procedimiento	93
Análisis estadístico	95
V RESULTADOS	96
1 Reconocimiento prosódico emocional	96
2 Reconocimiento musical	99
3 Correlación entre el reconocimiento prosódico emocional y el reconocimiento musical	103
VI DISCUSIÓN	105
Referencias bibliográficas	119
Anexos	
A1 Consentimiento para participar en el proyecto de investigación	137
A2 y A3 Cuestionario neurológico	138
A4 Escala de calificación para padres Connors	141
A5 Prueba de lateralidad	145
A6 Formato de prosodia emocional	146
A7 Formato batería de música	147
A8 Dictamen del comité de ética del Instituto de Neurociencias	148

RESUMEN

Estudios recientes han relacionado las habilidades musicales con las habilidades para el reconocimiento prosódico emocional. El reconocimiento de la prosodia emocional y de la música comparten distintos aspectos como: las características físicas del sonido; la vía de procesamiento sensorial; procesos cognitivos y emocionales; especialización del hemisferio derecho y; la participación de estructuras subcorticales y corticales para su procesamiento. Además, se ha observado que las lecciones de música mejoran la habilidad para decodificar las emociones transportadas en la entonación de la voz tanto en niños como adultos, que apoyan la relación entre ambos procesos. Sin embargo, todavía quedan muchas preguntas que resolver en términos de esta relación entre el reconocimiento musical y la prosodia emocional considerando distintos elementos de la música, tipos de emoción, el efecto de la edad y del sexo.

El objetivo del presente estudio fue determinar si existe una relación entre las habilidades de reconocimiento musical y emocional prosódico en distintas emociones y en distintas características de la música, en función de la edad y sexo en niños escolares. Participaron 80 niños diestros, de 8 a 11 años (40 niños y 40 niñas), sin antecedentes de instrucción musical. La evaluación consistió en 2 tareas: una de reconocimiento del tono emocional (alegría, enojo, tristeza, miedo) en oraciones semánticamente neutras; y otra de reconocimiento musical (contorno melódico, intervalo, ritmo, escala y memoria musical, de Villeneuve y Peretz (2002). Los resultados mostraron una correlación positiva entre las habilidades de reconocimiento prosódico emocional y musical para los niños varones, particularmente entre las emociones de miedo y enojo y los elementos musicales de escala, intervalo y ritmo. Se observó una correlación positiva entre la edad y la prosodia emocional en las niñas, particularmente para la emoción de miedo. Se presentaron diferencias sexuales para las emociones de alegría, enojo y miedo a favor de las niñas. También se observó que las emociones que más se reconocen son la alegría y el enojo. Así mismo, se

observó una correlación positiva entre la edad y el reconocimiento musical para los dos sexos, particularmente en los elementos de escala, intervalo y ritmo. Adicionalmente, las niñas tuvieron mejor desempeño en los elementos de escala e intervalo que los niños. El elemento musical más fácil de reconocer fue el ritmo, mientras que el más difícil fue la escala para ambos sexos.

Los presentes resultados sugieren que las habilidades de reconocimiento prosódico emocional y de reconocimiento musical están relacionadas en este rango de edad (8-11) sólo en los niños. Probablemente ésto se deba a que los niños y las niñas presentan distintas formas de procesamiento acústico, cognitivo y emocional relacionado con sus diferentes patrones de maduración cerebral y a la experiencia. Un apoyo para esta idea está dado por los distintos efectos de la edad en niños y niñas en ambos procesos.

Palabras clave: música, emoción; prosodia; edad.

ABSTRACT

Recently, some studies have established a relation between musical abilities and emotional prosody recognition. Emotional prosody and music share different aspects such as: sound physical characteristics; sensorial pathway; cognitive and emotional processes; right hemisphere specialization and; the involvement of subcortical and cortical structures for their processing. In addition, it has been found that music lessons improve the ability to decode emotions expressed by voice intonation, in children and adults, that suggest the relation between both processes. However, many questions are still opened with respect to this relation between music and emotional prosody recognition, considering different musical elements, types of emotion, as well as the effects of age and sex.

The main of this work was to determine the possible relation between music and emotional prosody recognition in different emotions and musical characteristics as a function of age and sex in scholar children. Eighty right-handed boys and girls between 8 to 11 years old, without musical training participated in the study. Two tasks were applied: one of emotional prosody recognition (happiness, anger, sad and fear) in semantically neutral sentences and; the other of musical recognition (melodic frame, interval, rhythm, scale and musical memory from Villeneuve and Peretz (2002).

Results showed a positive relation between emotional prosody and musical recognition in male children, particularly between fear and anger emotions and scale, interval and rhythm. In addition, a positive relation between age and emotional prosody was found in females, specially for fear.

Sex differences were observed in happiness, anger and fear with an advantage for females. The best recognized emotions were happiness and anger. Moreover, a positive relation between age and musical recognition was present in both sexes. Regarding to sex differences, females showed a better performance in scales and interval recognition than males. The easiest musical element to be recognized was rhythm and the hardest, scale in both sexes.

Present results suggest that emotional prosody and music are related in these ages (8-11) only in males. These could be associated to different acoustic, cognitive and emotional processing related different cerebral maturational patterns and experience. Some support to this idea is given by the different age effects for males and females in both processes.

Palabras clave: music, emotion; prosody; age.

I. INTRODUCCIÓN

Es conocido que tanto la entonación emocional vocal como la música, tienen un papel importante en todas las sociedades debido a su participación en el establecimiento de vínculos afectivos, y en el desarrollo de las habilidades sociales. La prosodia emocional y la música son una forma de comunicación no-verbal que se expresa acústicamente. Ambas formas de comunicación presentan patrones acústicos similares como las variaciones en el tono, el ritmo y la intensidad (Juslin y Laukka, 2003). Así, se ha propuesto que estos patrones acústicos son los que permiten a los bebés poder identificar su lengua materna de otras lenguas.

Por otra parte, durante la infancia temprana hay una continua estimulación por parte de los padres hacia sus niños mediante un lenguaje que está caracterizado por numerosas variaciones en el contorno melódico de la voz, las variaciones en el ritmo, en los pulsos marcados, pausas largas, etc. Adicionalmente, investigaciones recientes han reportado que el entrenamiento musical favorece una mayor habilidad para extraer e interpretar la información prosódica del lenguaje, incluso de un lenguaje no familiar (Thompson et al., 2003, 2004).

Con base a lo anterior, algunos autores han propuesto que la experiencia para detectar el tono musical actúa sobre mecanismos sensoriales auditivos básicos que pueden influir en el procesamiento del lenguaje. Es decir, la experiencia de la percepción y el aprendizaje de una categoría de sonidos (música) pueden influir o facilitar la percepción y aprendizaje de otra categoría de sonidos (habla). En este sentido, la facultad de escuchar, evaluar y emitir un juicio para la comprensión de la música y de la prosodia emocional requieren de la intervención de procesos cognitivos como percepción, atención, memoria, etc. Estos procesos cognitivos involucran la participación de varias estructuras que son dependientes de dichos procesos, las cuáles a su vez se relacionan con un proceso de maduración (Ramos-Loyo, 2008).

La asociación entre el entrenamiento musical y el reconocimiento emocional que se han propuesto, implica procesos plásticos de redes, o estructuras neuronales, las cuáles podrían estar relacionadas desde antes del entrenamiento. Con respecto a lo anterior, algunos estudios en la infancia temprana han reportado la preferencia de los bebés por un tipo de comunicación prosódico emocional (canto maternal) más que de un discurso (Trehub, 2003; Pound y Harrison, 2002; Español, 2006; Dalla et al., 2007; Dissanayake y Miall, 2003). Sin embargo, no hay estudios en donde se correlacionen estas habilidades (prosodia y música) en niños sin educación musical y se vean las diferencias entre los sexos. Por lo tanto, nuestro objetivo principal en el presente estudio consistió en determinar si existe una relación entre las habilidades de reconocimiento musical y emocional prosódico en función de la edad en niños escolares, e identificar si esta relación varía de acuerdo al sexo.

El presente trabajo está conformado de la siguiente manera:

A lo largo del primer capítulo se da a conocer la definición de la prosodia y su importancia. También se describen modelos de su procesamiento en adultos y las diferencias sexuales que han sido reportadas al respecto, además de su desarrollo a través de la infancia.

El segundo capítulo nos presenta un bosquejo general de la música, su importancia y los elementos que la conforman. Se mencionan también, las características generales de un modelo neuropsicológico para el procesamiento musical, así como las características generales de la Batería de Montreal para la Evaluación de la Amusia "MBEA". Esta batería fue diseñada para evaluar tanto a las personas con trastornos musicales como a individuos sanos, y permite evaluar el procesamiento de tonos aislados, secuencias, variaciones en la tonalidad y en el ritmo. Posteriormente, se presenta información relacionada al procesamiento de la música de acuerdo al tipo de estímulo y a quien va dirigido, y el procesamiento del tono y ritmo en sujetos músicos y no músicos. Adicionalmente, se mencionan las estructuras que están involucradas en la percepción de la emoción, y finalmente, se describe el desarrollo del

procesamiento musical en la infancia y las diferencias sexuales que se han reportado al respecto.

El tercer capítulo nos presenta la relación entre la prosodia emocional y la música como parte un sonido organizado, y el hecho de que ambos estén basados en reglas compuestas por los elementos básicos que se combinan en estructuras de orden superior a través de reglas y sintaxis. También se presenta la relación entre prosodia emocional y la música con la ontogenia, las estructuras cerebrales que podrían estar participando y la importancia de la educación musical. Por último, se describe un modelo que comprende estas dos habilidades.

El cuarto capítulo menciona las investigaciones relevantes sobre la maduración del Sistema Nervioso Central, su organización y qué patrones de maduración se presentan en la sustancia gris y sustancia blanca cerebral, así también se mencionan las diferencias sexuales que se han encontrado en estudios transversales y longitudinales.

En la parte III se define el planteamiento del problema, los objetivos e hipótesis de esta investigación.

En la parte IV se presenta la metodología que se llevó a cabo en la presente tesis, considerando las características del grupo de estudio, variables, tareas, procedimiento, diseño experimental y análisis estadísticos.

La parte V corresponde a los resultados obtenidos en el presente estudio y su descripción y gráficas con base a los análisis de datos.

En la parte VI se analizan e interpretan los resultados en base a la información encontrada en la literatura.

II. ANTECEDENTES

1. Prosodia

Cuando hablamos, no sólo emitimos palabras, nuestra habla presenta una tonalidad y ritmo regulares. Hacemos hincapié en ciertas palabras (las decimos con mayor intensidad) y variamos el tono de voz para indicar una orden y distinguir entre afirmaciones e interrogaciones. Además, transmitimos información sobre nuestro estado emocional mediante el ritmo, énfasis y tono del habla. Estos aspectos rítmicos, enfáticos y melódicos del lenguaje son llamados prosodia.

Entre las primeras definiciones de prosodia se menciona que es aquella característica del habla que confiere diferentes matices de significado con base en variaciones del énfasis y el tono (Monrad Kohn, 1947, en Mitchell y Ross, 2008).

La prosodia es el componente del lenguaje que se refiere al procesamiento cognitivo necesario para comprender o expresar intenciones comunicativas usando aspectos suprasegmentales del habla como las variaciones en la entonación, las pausas y las modulaciones de la intensidad vocal (Joanette et al, 2008). La mayoría de los autores coinciden en que la prosodia implica claves no léxicas y no proposicionales en el lenguaje hablado, incluyen entonación, énfasis y acentos (Hoekert, et al., 2007; Buchanan, et al., 2000; Mitchell et al., 2003; Mitchell y Ross, 2008).

La prosodia se puede dividir en dos tipos, prosodia lingüística y no lingüística o prosodia emocional.

La prosodia lingüística implica decisiones acerca del significado semántico de la oración (Buchanan et al., 2000; Hoekert et al., 2007). Por ejemplo, permite dar el matiz de afirmación o interrogación a la misma oración.

1.1 Prosodia emocional

Diversos autores han definido a la prosodia emocional (PE) como el tono de voz emocional, particularmente la modulación, que se expresa durante la emisión de un enunciado (Hoekert et al., 2007; Wildgruber et al., 2005; Buchanan et al., 2000). Por ejemplo, la misma oración se puede expresar con tono de voz de alegría o enojo. La PE le confiere un contenido emocional

suprasegmental al habla; se pueden apreciar las variaciones suprasegmentales como: el tono, la duración de la sílaba y calidad de la voz (Ethofer et al., 2006, Wildgruber et al., 2005).

1.1.1 Importancia del reconocimiento prosódico emocional

El reconocimiento de la prosodia emocional (RPE) es importante para la percepción del estado emocional y las intenciones de otros (Hoekert et al., 2007).

La percepción de la prosodia emocional (PE) contribuye a nuestra comprensión de lo que es conocido como el significado pragmático de discurso "la intención dicha entre-líneas" (Hoekert et al., 2007).

La PE juega un papel importante en muchos aspectos de comunicación social humana (Plutchik, 1988; Bach et al., 2008). De esta manera, la habilidad de producir, coordinar y entender los signos emocionales en el discurso es un requisito previo "para negociar, exigir, impulsar, respetar, o igualar, definiendo grados de intimidad, mostrando afiliación o no-afiliación, evitando las amenazas, reparando las equivocaciones interpersonales, etc.". La PE es por consiguiente, un componente crucial del lenguaje, requisito para el reconocimiento y la transmisión de emociones y actitudes en la comunicación, así, la PE es una parte esencial del lenguaje para la integración social exitosa y la competencia en la comunicación (Arndt y Janney, 1991 citado en Mitchell y Ross, 2008).

Por ejemplo, los niños con incapacidad para descifrar la prosodia emocional desarrollan dificultades emocionales crónicas y en las habilidades interpersonales (Trauner et al., 1996; Mitchell y Ross, 2008). En los adultos, este trastorno es asociado con dificultad para mantener interacciones sociales eficaces, ocasionando aislamiento. Incluso en los adultos jóvenes sanos estas habilidades han mostrado relación con el mantenimiento exitoso de las relaciones y un funcionamiento psicológico sano (Carton et al., 1999).

Como ya se mencionó anteriormente, mediante la información conferida por la PE podemos evaluar la información de la frase hablada por medio de la percepción de los elementos más simples de una señal acústica como son: tono, intensidad y timbre.

1.2 Procesos neurales implicados en el reconocimiento prosódico emocional.

Los circuitos neurales para el procesamiento prosódico aún no están claramente identificados, hay una serie de estudios al respecto, desde estudios clínicos hasta los realizados con neuroimagen, a continuación se presenta una breve descripción de éstos.

El resultado de diversas investigaciones apunta a la especialización hemisférica en el procesamiento de señales prosódicas. Algunas evidencias sugieren que el hemisferio cerebral derecho media la percepción y reconocimiento de la prosodia afectiva. Las lesiones dentro del hemisferio derecho han sido relacionadas con alteraciones en el procesamiento de la prosodia emocional (Peretz, 2001; Trauner, et al., 1996; Pell, 2007; Bowers et al., 1987). En el mismo sentido, los estudios de neuroimagen funcional mencionan que la evaluación de la PE provoca activación en el HD incluyendo el giro temporal medial posterior y el surco temporal superior (Buchanan et al 2000; Belin, 2000; Mitchell et al 2003; Wildgruber et al 2002; Sander et al., 2005; Ethofer et al., 2006; Grandjean et al., 2005).

A pesar de los hallazgos convergentes respecto al papel dominante del HD para la PE, evidencia reciente sugiere la participación de una amplia red de regiones, predominantemente bilaterales asociadas con el procesamiento emocional. Parece existir un circuito neural implicado en la comprensión de la prosodia emocional incluyendo áreas temporales derechas y regiones frontales inferiores izquierdas y derechas (Adolphs et al., 2002; Imaizumi et al., 1997; Grandjean et al., 2005; Kotz et al., 2003; Mitchell et al., 2003; Buchanan et al., 2000; Wildgruber et al., 2002, 2005 y 2008), junto con estructuras subcorticales tales como los ganglios basales (Peretz, 2001; Adolphs et al, 2002; Breiteinstein et al., 2001; Kotz et al., 2003; Pell y Leonard, 2003); el núcleo caudado (Peretz, 2001; Adolphs et al., 2002), la ínsula (Peretz, 2001; Adolphs et al., 2002; Morris et al., 1999), el hipocampo (Wiethoff et al., 2008) y la amígdala.

En el caso de la amígdala, se han encontrado algunas divergencias, en relación a su participación en el procesamiento implícito de la PE (Bach et al., 2008), o en el procesamiento implícito y explícito (Sander et al., 2005; Wildgruber et al, 2005, 2008; Ethofer et al, 2006; Wiethoff et al., 2008) o si su

papel no es determinante para el reconocimiento de la PE (Adolphs et al., 2002).

En investigadores realizadas por Wildgruber et al., (2002, 2004, 2005) y otros realizados por Schirmer y Kotz (2006); Grandjean et al. (2005), Ethofer et al. (2006) y Wiethoff et al. (2008), basándose en sus estudios anteriores, cuyos resultados indican una fuerte asociación de las respuestas cerebrales y las propiedades del estímulo, establecen dos premisas principales: los efectos en la respuesta neural con base en las características del estímulo prosódico y los efectos asociados a las demandas cognitivas de la tarea.

1.2.1 Los efectos derivan del estímulo:

La corteza temporal superior (CTS) se ha relacionado con el procesamiento de la prosodia. Se ha observado respuesta específica de la corteza temporal media bilateral ante voces humanas en comparación con otros sonidos principalmente ante prosodia de enojo (Belin et al, 2000; Grandjean et al., 2005). Ante variaciones en la intensidad de la PE se ha relacionado mayor activación de la CTS medial y la corteza frontal inferior (Ethofer et al., 2006). La activación de la CTS medial derecha se ha relacionado con variaciones en diferentes parámetros acústicos propios de la PE como duración del estímulo, intensidad y tono (Wiethoff et al., 2008); esta región tiene una mayor sensibilidad a las entonaciones de alegría y enojo; inclusive esta región ha tenido una mayor activación ante la voz seductora de un interlocutor del sexo opuesto al oyente (Ethofer et al., 2007).

Al parecer, la región del surco temporal superior (STS) medial se activa ante estímulos auditivos relevantes emocionalmente, principalmente en el hemisferio derecho (Ethofer et al., 2006; Wiethoff et al., 2008; Ethofer et al., 2007). La activación bilateral de esta región ocurre cuando el estímulo es potencialmente nocivo (Grandjean et al., 2005) o aumenta la intensidad de la prosodia (Ethofer et al., 2006), o se requiere aislar la información emocional de otros sonidos (Belin et al., 2000), o se presenta la evaluación de la entonación y de la semántica de una palabra (Ethofer et al., 2006).

En este contexto, todo compromete al giro temporal superior (GTS) medial en la detección de patrones acústicos que son relevantes para el ser

humano (Belin et al., 2000; Grandjean et al., 2005; Ethofer et al., 2006a, 2007; Wietrohof et al., 2008; Wilgruber et al., 2008)

1.2.2 Los efectos dependen de la tarea

Las instrucciones de una tarea con estímulos de PE inciden en las áreas cerebrales asociadas a la misma. Si la atención de los participantes se dirige explícitamente hacia el estímulo auditivo emocional por las instrucciones de la tarea se activan las regiones cerebrales posteriores de la corteza temporal superior (CTS) y de la corteza frontal inferior bilateral. Esta activación ocurre cuando el sujeto juzga explícitamente la valencia emocional transmitida por la prosodia (Ethofer et al., 2006a; Kreifelts et al., 2009).

Wildgruber et al. (2005) realizaron estudios con frases semánticamente neutras (por ejemplo, “el visitante reservó un cuarto para el jueves”), expresadas por actores en diferentes tonos emocionales (feliz, temeroso, enfadado, triste y disgustado), en donde los participantes tenían que nombrar la categoría emocional expresada por la PE o identificar una vocal siguiendo la primera “a” de la frase). Encontraron que la evaluación explícita de la PE estuvo asociada con la activación de la CTS posterior derecha y la corteza frontal inferior derecha, además de una activación en la corteza temporal posterior (áreas de Brodman 22 y 42), que se ha ligado a la extracción de señales acústicas específicas del habla emocional (características suprasegmentales tales como contornos tonales y estructuras rítmicas). También se detectó la participación de la corteza orbitofrontal, la cual ha sido relacionada con la evaluación emocional.

En un paradigma de escucha dicótica realizado por Sander et al. (2005), se pidió a los sujetos modular voluntariamente la atención espacial mientras estaban realizando una discriminación del género. Las secuencias de sílabas sin sentido (750 ms) con prosodia de enojo presentadas al lado atendido (oído izquierdo) produjeron una gran activación dentro de la corteza orbitofrontal (CFO) medial y corteza occipital media en comparación a la presentación de los estímulos idénticos a la oreja que ignoró el estímulo (oído derecho). Por otra parte, se observó la activación de la amígdala derecha y CTS medial bilateral, respondiendo a la prosodia de enojo independiente de la dirección de la atención espacial. Por lo que, los autores concluyen que áreas auditivas

de STS y la amígdala responden al escuchar prosodia de enojo, independientemente de la instrucción de la tarea y del oído a donde sea presentado el estímulo, mientras que la corteza orbitofrontal y regiones visuales responden a la prosodia de enojo solamente cuando son atendidas selectivamente.

Se ha visto que “los efectos son dependientes de la tarea” aun en la prosodia lingüística (la información sobre el significado lingüístico, por ejemplo, si una frase es una declaración, o pregunta o una orden). Los resultados experimentales indican que la contribución de los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho en la extracción de los signos acústicos depende de las propiedades del estímulo específico (Wildgruber et al., 2006; Reiterer et al., 2005). Lo anterior es explicado de acuerdo a la hipótesis de la lateralización acústica “los cambios dependen de signos acústicos” por ejemplo, las modulaciones de la prosodia implican cambios lentos y se procesa dentro del hemisferio derecho, mientras que el hemisferio izquierdo procesa los cambios rápidos de los signos acústicos (por ejemplo, la diferenciación de sonidos del discurso al nivel de sílabas o fonemas).

Esta hipótesis permite comprender los datos contradictorios encontrados en numerosos trabajos de investigación que han empleado el paradigma (emocional vs. lingüístico), permitiendo así dilucidar los aspectos funcionales del proceso del auditivo básico de la evaluación de la PE y la prosodia lingüística.

En esta dirección, Wildgruber et al. (2004) realizaron un experimento utilizando estímulos acústicos altamente controlados en un paradigma (emocional vs. lingüístico). Con este fin, la entonación o contorno de una frase semánticamente neutra (“la bufanda está en el pecho”) fue sistemáticamente manipulado por un sintetizado digital (filtros de frecuencias). A los participantes se les pidió diferenciar pares de estas frases con respecto a su excitación o activación emocional (“¿cuál de las dos frases parecen más excitadas?”) o con otro enfoque (“cuál de las dos frases te satisface para contestar la pregunta: “¿dónde está la bufanda?”. La comparación pasiva de ambas tareas produjo activación fronto-temporal bilateral incluyendo una lateralización derecha al nivel la CTS posterior. Sin embargo, el análisis de “los efectos son

dependientes de la tarea”, la activación revela que la corteza orbitofrontal bilateral se unió a la evaluación emocional.

En la evaluación de la PE se puede concluir que ante un estímulo prosódico emocional, independientemente de la emoción, se van a activar áreas auditivas de la corteza temporal medial particularmente del hemisferio derecho independientemente de las instrucciones de la tarea. Este hecho se ha encontrado relacionado con la naturaleza acústica del estímulo emocional (Wildgruber et al., 2006; Reiterer et al., 2005); los cambios acústicos propios de la PE son lentos y son procesados en el STS derecho; los cambios acústicos al nivel de sílabas y fonemas activan el STS izquierdo (Ackermann et al., 2001; Johnsrude et al., 2000; Poeppel et al., 2004; Zatorre, 2001). A su vez, se ha observado la activación bilateral de esta región (STS) ante estímulos de enojo (Sander et al., 2005; Grandjean et al., 2005) y en palabras entonadas con intensidad alta de alegría y enojo (Ethofer et al., 2006a). Por otro lado, se ha reportado que las emociones de alegría, enojo y miedo representan patrones acústicos semejantes ya que son dichas en un tiempo rápido y una larga variabilidad de tonos (Scherer, 1986); sin embargo, sólo las entonaciones de enojo y miedo son consideradas de relevancia biológica para la sobrevivencia del individuo, mismas que al parecer son detectadas por un procesamiento automático y rápido mediado por el colículo inferior y sus conexiones directas con la amígdala y corteza prefrontal (Koelsch et al., 2005).

Wildgruber et al. (2008), con la intención de esclarecer los mecanismos neurobiológicos que subyacen al reconocimiento de la PE, propone un modelo en el que describe paso a paso el procesamiento cerebral involucrado en esta habilidad, tomando en cuenta la instrucción de la tarea (si es explícita o implícita), ya que ésta influye en las estructuras que intervienen el procesamiento neural de la PE. En una tarea de PE explícita se refiere a que, se le dice a los sujetos los atributos a tomar en cuenta en la PE para emitir la respuesta, creando un estado de alerta o de atención dirigida hacia la PE. En este caso, se dice que el procesamiento neural es de arriba a abajo (“top-down”), mientras que en ausencia de una instrucción detallada, se dice que el procesamiento es de abajo hacia arriba (“botton-up”), como es el caso de una

tarea de PE implícita, en la cual la información prosódica emocional no es relevante para emitir una respuesta correcta.

1.2.3 Modelo del procesamiento de la prosodia emocional (Wildgruber et al., 2006, 2008).

El modelo propone que la información auditiva llega a las áreas auditivas primarias y secundarias, posteriormente a áreas de asociación temporales y finalmente a ambas cortezas frontales inferiores: HI y HD (Figura 1). De esta manera, hay una serie de etapas de procesamiento sucesivo durante el reconocimiento emocional:

1. El estímulo emocional prosódico llega a las áreas corticales auditiva primaria (A1) y secundaria (A2), aquí ocurre el primer paso: la extracción de la información acústica suprasegmental (el tono, la intensidad) es asociada con la activación de la región acústica.
2. De A1 y A2 se manda una entrada a la región posterior de lóbulo temporal superior derecho (A3). donde el segundo paso es la representación del significado de la información de la secuencia acústica suprasegmental.
3. De la región posterior de lóbulo temporal superior derecho se envía información en paralelo al córtex frontal inferior bilateral donde se da el tercer paso que es el juicio emocional.

Modelo de procesamiento emocional prosódico

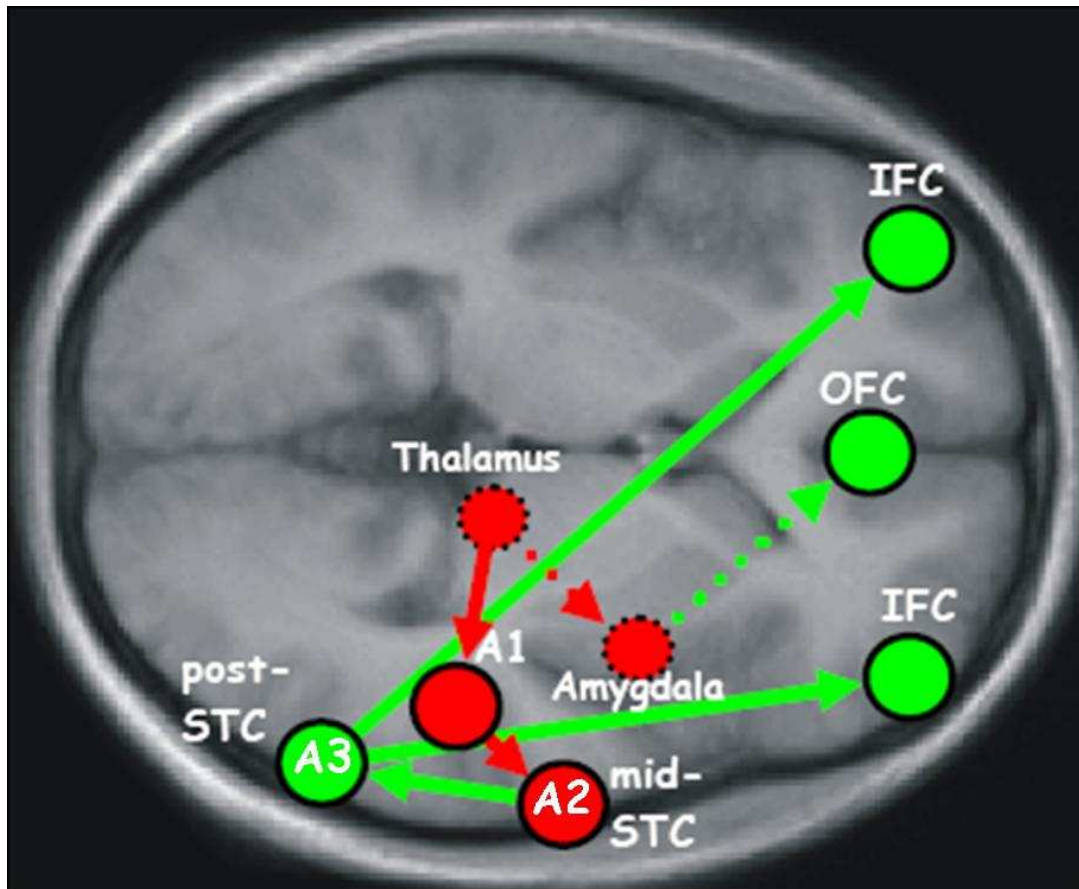


Figura 1. Imagen de corte horizontal en el encéfalo, en donde se representa el procesamiento de un estímulo auditivo en una evaluación “bottom-up” indicada por las flechas rojas y “top-down” indicada por las flechas verdes. Pasos durante la evaluación: tálamo, auditiva primaria (A1); sección medial de la corteza temporal superior (STC medial = A2); sección posterior de la corteza temporal superior (post-STC= A3); corteza frontal inferior (IFC) y corteza orbitofrontal (OFC) (Wildgruber et al., 2008).

Como ya se mencionó anteriormente existen dos tipos de procesamiento de la PE, explícito e implícito. El procesamiento explícito usa la vía “top-down” descrita en párrafos anteriores, y la vía “bottom up” para el procesamiento implícito implica la participación de las mismas estructuras y otras estructuras subcorticales. En las estructuras subcorticales implicadas está el tálamo, de éste, la información fluye por 2 vías eferentes una va a la corteza auditiva primaria como ya se mencionó, y otra va a la amígdala para un procesamiento pre-consciente más rápido; a partir de la amígdala la información es enviada

para ser evaluada en una red neural formada por la corteza auditiva y la corteza orbitofrontal medial.

La información PE llega a la corteza A1 de donde salen dos vías eferentes, una a la corteza temporal superior medial para una representación acústica secundaria (implícito) y la otra vía llega a la región posterior de lóbulo temporal superior derecho y posteriormente, a la corteza frontal inferior bilateral implicada en la focalización de la atención y se hace un juicio emocional (explícito).

En el procesamiento “top-down”, la atención espacial ha sido observada en la región orbitofrontal medial; esta región puede contribuir al procesamiento de información relevante emocionalmente, aun cuando no se pida un juicio emocional, es decir en el procesamiento “botton-up”. Más aún, el patrón de activación observado en la orbitofrontal parece indicar que esta área contribuye a la inhibición de información distractora de fuentes sin atender. Presumiblemente la corteza orbitofrontal medial recibe información de la subcorteza límbica y la amígdala.

Es importante señalar que independientemente del tipo de procesamiento de la PE (implícito o explícito), se observa una activación en la amígdala (Wildgruber et al., 2006, 2008; Sander et al., 2005).

1.2.4 Estructuras involucradas en el reconocimiento prosódico de cada emoción

Respecto a las emociones individuales, hay poco conocimiento y resulta ser en ocasiones ambiguo y contradictorio, quizás como ya mencionó anteriormente: el tipo de estímulos, los requerimientos de la tarea e instrucción de la tarea entre otras, son los elementos que hay que tomar en cuenta para poder comparar los resultados de los experimentos.

En relación con la PE, se han asociado varias estructuras cerebrales en función del tipo de emoción.

En el caso de la tristeza, se ha reportado que involucrada la corteza orbitofrontal (COF) (Honrak et al., 2003; Sander et al., 2005), la amígdala (Scott et al., 1997), la corteza auditiva anterior derecha (Buchanan et al., 2000); el giro del cíngulo derecho y giro frontal medial posterior derecho (Buchanan et al., 2000).

Para el reconocimiento de la entonación de miedo se ha reportado la participación de la COF (Sander et al., 2005; Buchanan et al., 2000) y la amígdala (Scott et al., 1997; Morris, 1998; Sander et al., 2005; Bach et al., 2008).

En el reconocimiento del enojo se activa la COF (Honrak et al., 2003), la amígdala (Scott et al., 1997; Grandjean et al. 2005; Sander et al., 2005; Bach et al., 2008), los ganglios basales (Scott et al., 1997; Adolphs y Tranel 1999; Bach et al., 2008).

En cuanto a la entonación de alegría se observó la activación del giro temporal medial (GTM) posterior y anterior derecho y GTM izquierdo (Johnstone et al., 2006), así como regiones frontales inferiores derechas (Buchanan et al., 2000; Johnstone et al., 2006).

En general, se ha reportado que al escuchar sonidos displacenteros está involucrada la COF (Honrak et al., 2003; Sander et al., 2005);

En muchos estudios de fMRI se han planteado paradigmas de “contenido verbal vs contenido emocional”, en donde mediante emparejamiento se compara la congruencia o incongruencia de los estímulos, en los que es difícil saber qué proceso está generando la activación de las áreas neurales, a continuación son descritos algunos de ellos.

En un estudio realizado por Buchanan et al. (2000) con fMRI en hombres jóvenes y adultos sanos, se les pidió a los participantes discriminar entre palabras basadas en la PE (feliz y triste) vs palabras con diferencias en el contenido fonético, sus resultados mostraron que la detección de la PE está asociada con la activación de la corteza auditiva posterior derecha ante la detección de ambas emociones. Cuando se presentó la tarea verbal, se observó una amplia activación del lóbulo frontal inferior izquierdo.

Investigaciones hechas por Bach et al. (2008) con fMRI en donde compararon el procesamiento implícito y explícito de la PE a través de frases sin sentido semántico, dichas con tono emocional de enojo o miedo, encontraron un fuerte flujo sanguíneo en la amígdala bilateral, el surco temporal superior (STS) izquierdo y áreas parietales derechas en el procesamiento implícito; mientras que en el procesamiento explícito se observó en áreas cinguladas y prefrontales, particularmente el giro frontal inferior izquierdo y la corteza prefrontal dorsolateral izquierda, el área parietal bilateral incluyendo el

parietal superior, precuneus y la corteza motora suplementaria. En cuanto a las emociones, en la tarea explícita se observó que se reconoce mejor el enojo que el miedo, el tiempo de reacción fue mayor en el miedo que en el enojo. En la tarea implícita no hubo diferencias significativas entre emociones ni en el tiempo de reacción.

En otra investigación realizada por Scott et al. (1997), con fMRI en una paciente con una lesión bilateral de la amígdala, se observó que presentaba una alteración en la identificación del tono emocional, particularmente de las expresiones de ira y miedo.

Sin embargo, hay opiniones contradictorias al respecto, cabe señalar que estos mismos autores (Scott et al., 1997) reportan que en la imagen de MRI se observa que la lesión se extiende hacia los ganglios basales en el hemisferio derecho. Un experimento que confirma esta última observación la realizaron Adolphs y Tranel (1999), quienes encontraron que una lesión bilateral en amígdala no necesariamente daña la identificación del tono emocional en la prosodia, sino sólo cuando el daño de la amígdala se extendía a áreas extra-amigdalinas del lóbulo temporal derecho, de lo que concluyeron que la amígdala humana no es esencial para reconocer la prosodia. La amígdala mostró mayor activación ante voces de alegría más que de enojo, sin embargo, se ha reportado que esta estructura no es crucial para el procesamiento de las expresiones vocales.

Otras estructuras asociadas al reconocimiento de la PE son los ganglios basales. En estudios con pacientes con Parkinson se ha observado una disminución en la capacidad de reconocimiento prosódico con base en la evolución del padecimiento. Bach et al. (2008) observaron la activación bilateral de los ganglios basales, durante la PE de enojo contra prosodia neutral. La activación fue específicamente intensa durante la tarea con instrucción explícita. El miedo sólo provocó una ligera activación en las estructuras antes mencionadas.

En investigaciones hechas con fMRI y potenciales relacionados a eventos (Johnstone et al., 2006) se observó que áreas del giro temporal medial posterior y anterior derecho y GTM izquierdo, así como regiones frontales inferiores (GF inferior derecho), también responden a voces alegres y sólo ligeramente activación ante estímulos de enojo. Además, se activó la ínsula

izquierda, la amígdala izquierda, el hipocampo y corteza cingulada anterior rostral ante voces de alegría y enojo, respondiendo más ante voces de alegría, independientemente de que cambien el foco de atención, es decir que dirijan su atención a la cara emocional o a la voz emocional.

Rymarczyk y Grabowska (2007) estudiaron pacientes que presentaban lesiones en el hemisferio derecho en tres áreas localizadas. Las lesiones en el HD provocan déficit en la percepción de la PE y prosodia lingüística (PL) en todos los grupos de pacientes evaluados y se observaron más problemas con la comprensión de la PE. La extensión de los efectos de la lesión en el HD dependen de su localización: en el grupo con lesiones temporo-parietales se encontró que tanto las habilidades de comprensión de la PE como de la PL fueron ampliamente dañadas, indicando que estas lesiones afectan una habilidad general basada en la audición para apreciar la entonación vocal. Por otro lado, las lesiones frontales y subcorticales pueden afectar la percepción de la PE.

Las lesiones en diferentes sitios del HD dañan la percepción de diferentes emociones: las lesiones frontales dañaron más la comprensión de la entonación de alegría; las subcorticales (ganglios basales) disminuyen la comprensión del enojo y alegría; las temporo-parietales, principalmente la entonación de tristeza.

1.3 Desarrollo en el reconocimiento de la prosodia emocional

La PE es una habilidad que tiene un desarrollo gradual desde el nacimiento hasta la edad adulta, al parecer los bebés son sensibles a la voz de sus padres porque identifican estos elementos prosódicos aun cuando todavía no son capaces de comprenderlos.

En la niñez temprana, los estudios se han centrado en las dos propiedades de los sonidos del habla que son los fonemas y la prosodia. Los fonemas corresponden a los sonidos mínimos del lenguaje, que en español corresponden al sonido de las letras del alfabeto (Plante et al., 2006) y la prosodia son propiedades rítmicas y de entonación de los sonidos del habla, proporcionando información sobre la estructura lingüística y el contenido emocional de una frase.

El procesamiento del lenguaje en un contexto natural involucra la percepción y la integración de fonemas y prosodia, es decir información segmental y suprasegmental, respectivamente (Plante et al., 2006).

En el feto, el sistema auditivo es funcional a partir de la semana veinticinco de gestación y, a partir de la semana treinta y cinco, el rendimiento de este sistema es similar al del adulto. Lo anterior se ha comprobado al observar que los cerebros de recién nacidos prematuros de treinta y dos semanas de gestación generan una actividad eléctrica que podría corresponder a una discriminación de fonemas (Cheour-Luhtanen et al., 1996). Esta discriminación es indispensable para reconocer las palabras de su lengua materna. Así considerablemente modificada, el feto percibe la prosodia de la voz de la madre. Este contacto temprano con la voz humana permite a los recién nacidos desarrollar una sensibilidad especial no sólo hacia la voz de la madre, sino hacia la voz humana (DeCasper, 1980; Plante et al., 2006).

Los bebés humanos no pueden hablar o entender el discurso, pero sí son capaces de reconocer la voz. Experimentos que miden los cambios del ritmo cardiaco en los bebés durante la presentación de voces diferentes demuestran la habilidad de diferenciar las voces de su madre y padre (DeCasper et al., 1994).

Los bebés recién nacidos reconocen el ritmo de las lenguas. Esto se ha comprobado en estudios donde exponen a bebés francófonos de dos a cuatro días de nacidos a frases en inglés y japonés y son capaces de discriminar entre una lengua y otra. Este análisis sobre la base del ritmo, permite a los bebés un primer análisis prosódico suficiente para permitir formarse una primera representación de su lengua materna. Esta representación se afinará hacia los 5 meses, cuando los bebés discriminan su lengua materna de otras lenguas con un ritmo semejante (Scott et al., 1997).

Los bebés son capaces de usar la información prosódica para segmentar las palabras individuales del discurso corriente de los adultos a los siete meses y medio de edad, aunque ellos no parecen usar las señales prosódicas preferencialmente hasta más tarde (Theissen y Saffran, 2003).

A los nueve meses son sensibles a la estructura prosódica de frases que ellos han oído y muestran evidencia de sustracción de la estructura subyacente

(Gerken et al., 2004), lo cual indica que a esta edad ya comienzan a codificar las propiedades prosódicas del habla.

Hacia el fin del primer año, han fijado su repertorio de consonantes y vocales, han comenzado a extraer las palabras desde el habla continua, han iniciado el aprendizaje de la forma típica de las palabras (p. ej., la distribución del acento de las palabras) y comienzan a aprender el orden de las palabras en el interior de las frases (Theissen y Saffran, 2003; Plante et al., 2006).

Plante et al. (2006) mencionan que es evidente que los niños pequeños no sólo son sensibles a la información prosódica, también son capaces de usar esta información para evaluar la nueva información a la que están expuestos. Los autores concluyen que dentro del reconocimiento de la prosodia lingüística se puede observar un proceso de maduración de las estructuras que subyacen a este procesamiento y están en función de la edad y del sexo.

Grossmann et al. (2005) examinaron la manera en que bebés de 7 meses procesan la prosodia emocional, utilizaron 74 palabras semánticamente neutras expresadas en tonos emocionales de alegría, enojo y palabras emocionalmente neutras. Los potenciales revelaron que las palabras con entonación de enojo provocaban mayor respuesta que las dichas en alegría y las neutras, sugiriendo una amplia distribución de la atención a la emoción de enojo; se observó que el enojo y la alegría provocaron una oscilación lenta en el lóbulo temporal a 500 y 1000 ms, respectivamente.

Grossmann et al. (2006), realizaron un experimento en donde participaron bebés de 7 meses de edad. La tarea consistió en detectar si el bebé discriminaba la congruencia e incongruencia entre una expresión facial emocional y palabras con expresión de alegría y enojo. Los datos conductuales indican que a esta edad los bebés detectan la incongruencia.

En una investigación realizada por Fujiki et al. (2006), con niños de 7-10 años con dificultad en el lenguaje y sujetos normales donde se les presentó una grabación de 16 frases dichas por un adulto utilizando prosodia emocional de alegría, enojo, miedo y tristeza. En los resultados se observó que la emoción que tuvo mayor reconocimiento fue la alegría, luego el enojo, posteriormente la tristeza y al último el miedo para los 2 grupos; sin embargo, el grupo con problema de lenguaje tuvo un peor desempeño y estos niños se confundían más frecuentemente con las emociones de miedo y tristeza.

En cuanto a la organización cerebral durante el procesamiento de la prosodia emocional Trauner et al. (1996), sugiere que las habilidades prosódicas tienen una representación bilateral durante etapas tempranas en el desarrollo, y posiblemente ésto es una limitante para la reorganización cerebral cuando hay una lesión temprana. Para confirmar esta idea, realizaron una investigación con sujetos entre 5 y 15 años con lesión en el HD o en el HI. Se utilizaron 2 tareas para evaluar la habilidad en la comprensión de la PE, en la primera cada sujeto escuchó una grabación hecha por una actriz profesional, consistente en 15 frases con tono emocional de alegría, enojo y tristeza. En la segunda tarea también escucharon pares de frases cortas con diferente entonación y los sujetos tenían que decir si estas eran iguales o diferentes. Los resultados indicaron que los niños y jóvenes adultos que han tenido una lesión cerebral unilateral temprana (pre o perinatal) en el HD presentan déficit en la comprensión y la expresión de la PE y expresión de la prosodia lingüística, mientras que los sujetos con lesión en el HI muestran dificultades principalmente con la expresión de la PE, y en la recepción y expresión de los componentes lingüísticos de la prosodia.

Los infantes con una lesión cerebral específica presentan patrones un tanto semejantes a los observados en adultos que tienen la lesión posteriormente, sugiriendo que quizás la limitación de la habilidad del cerebro en desarrollo sea la reorganización posterior a un daño temprano, ciertas áreas del cerebro quizás se especializaron para estas funciones muy temprano en la vida, potencialmente incluso dentro del útero.

Morton y Trehub (2001) encontraron que los niños de 4 años son capaces de reconocer la PE de alegría y tristeza en estímulos dichos en un idioma extranjero, más no así cuando se les presentaron oraciones que eran incongruentes y congruentes entre la PE y el contenido verbal; ellos sólo prestan atención al contenido verbal. Posteriormente, al filtrar el contenido vocal distractor, los niños de 4, 5 y 6 años detectaron la PE adecuadamente. Los autores encontraron que entre los 5 y 10 años, los niños muestran gradualmente una disminución en el uso o dependencia del contenido semántico y un incremento en el uso de señales prosódicas emocionales; hasta los 8 años se observa una mejoría significativa en el desempeño y son capaces de atender perfectamente a estímulos emocionales congruentes o

incongruentes en relación al contenido semántico de la oración y la entonación emocional, haciendo mayor uso de la información paralingüística.

Fundamentando en las anteriores investigaciones es importante destacar:

1. La prosodia está formada por elementos suprasegmentales o paralingüísticos del lenguaje, que visto desde de la naturaleza física del estímulo, se refiere a una señal acústica formada por el tono, el ritmo y la intensidad.
2. El ritmo puede ser detectado por el feto desde el tercer trimestre del embarazo y al parecer es el parámetro por el cual el feto y el recién nacido pueden responder ante el llamado de su madre y a los pocos días de nacido reconoce su lengua materna.
3. Los estímulos a los que se exponga el bebé son determinantes para el desarrollo de habilidades PE, a saber: los bebés de 7 meses se sienten más atraídos por voces alegres, a pesar de que las voces de enojo provocan mayor actividad cerebral a menor latencia, quizás por un instinto de supervivencia ya que el enojo es un estímulo negativo potencialmente dañino. En esta edad los bebés también pueden asociar voces amistosas con caras alegres y voces iracundas con caras de enojo.
4. Las estructuras cerebrales que se activan ante estímulos PE en esta edad (7 meses) se encuentran ampliamente distribuidas en el lóbulo temporal de forma bilateral.
5. En estudios de imagen, en los niños mayores y en los adultos se observa una activación de la región temporal más lateralizada al HD y una activación frontal bilateral. No obstante, en los niños la activación es más difusa y menos lateralizada que en los adultos.
6. Estudios de lesión en niños y adultos presentan evidencia de que la lesión del HD en regiones temporales y frontales provocan un déficit en la comprensión y la expresión de la prosodia emocional, incluso en la discriminación de las señales acústicas que la forman. Respecto a la PL también se ve afectada en un menor grado. Sin embargo, la lesión en el HI sólo produce déficit en la expresión de la PE y en la PL se afecta la comprensión y la expresión.

7. En relación al tipo de emoción se observa que las expresiones de alegría y enojo se reconocen mejor, mientras que las de tristeza y miedo son menos reconocidas. Al parecer este patrón se mantiene aun en la edad adulta.
8. De acuerdo a los estudios clínicos y a los patrones de activación durante el desarrollo de las estructuras involucradas en el reconocimiento de la PE, se sugiere que esta habilidad requiere estructuras especializadas que están presentes desde etapas tempranas de vida, y presentan un proceso de maduración el cual va a depender de la experiencia, e incluso del sexo como se ha sugerido en algunas investigaciones.
9. Si bien la prosodia se puede identificar desde etapas tempranas, la adecuada expresión y reconocimiento de todas las emociones básicas (alegría, enojo, miedo y tristeza) no ocurre sino hasta la edad adulta, ya que se ha observado que los niños pequeños (4 a 6 años) tienen puntajes menores. Un motivo puede ser que les es difícil atender al estímulo PE, sobre todo si éste va acompañado de otro tipo de información distractora, o tal vez no entienden la instrucción. A partir de los 7 años, se observó un aumento gradual al reconocer la PE.
10. Lo anterior se fundamenta principalmente en la maduración de las estructuras involucradas, Los procesos antes mencionados dependen de la maduración de la corteza prefrontal, la cual se ha observado que se activa durante el proceso de reconocimiento PE en niños mayores pero no se activa en los bebés. Se sabe que esta estructura tiene un lapso de maduración muy prologado, que comienza desde los 2 años y completa hasta la tercera década de vida, según estudios realizados por Fuster (2002).

1.4 Diferencias sexuales en el reconocimiento prosódico emocional

Se han encontrado diferencias sexuales en el procesamiento del lenguaje así como en el procesamiento emocional. Por un lado, las mujeres tienden a ser más exitosas, a obtener mejores resultados que los hombres en el reconocimiento facial, gestual y la expresión emocional (Halpern, 2000; Sanz-Martin y Ramos-Loyo, 2001; Ramos-Loyo, 2001, 2002).

Hallazgos consistentes proponen que las mujeres son más capaces de percibirse a sí mismas y al ambiente social. Como tal, no es de sorprender que las mujeres también son mejores en decodificar las señales no verbales las cuáles juegan un papel importante en la comunicación (Hall, 1978; Ramos-Loyo, 2001; Sanz-Martin y Ramos-Loyo, 2001; Oyuela-Vargas y Pardo-Vélez, 2003).

En este mismo sentido, en la PE se ha encontrado un mejor desempeño por parte de las mujeres sin embargo, este tema ha sido poco estudiado y se restringe principalmente a los adultos.

1.4.1 La investigación neurofisiológica y las diferencias de género

Schirmer, Kotz y Friederici (2002) reportan la existencia de diferencias en el tiempo en el que se procesa la prosodia emocional, mostrando que las mujeres integran la valencia de las palabras y la prosodia emocional más rápido que los hombres (el N400 aparece a 200 ms y 750 ms, respectivamente), en una tarea de incongruencia entre la entonación emocional y el contenido semántico. Los autores atribuyeron estos hallazgos a la manera en que las mujeres y hombres procesan la PE, al parecer las mujeres lo hacen de manera automática y los hombres no, parecería que procesan primero la información lingüística y posteriormente la información prosódica, por lo que al ponerles límite de tiempo, los hombres tienen desventajas respecto a las mujeres. En cuanto a cómo reconocen las emociones, se observó que los hombres responden más rápido ante los estímulos de valencia positiva que negativa.

Posteriormente, Schirmer y Kotz (2003) examinaron las diferencias sexuales en una tarea de Stroop, con palabras con valencia neutral, positiva, negativa y con entonación feliz, enojada y neutra. Así, los participantes escucharon los ensayos presentados algunas veces como congruentes o incongruentes y se les pidió juzgar la valencia de la palabra (positivo, negativo, o neutral). Las mujeres respondieron más rápidamente que los hombres. Además, un N400 más pequeño se presentó en las mujeres para los estímulos emocionalmente congruentes comparado con los incongruentes. Los autores concluyeron que “las mujeres parecen integrar la información emocional de la prosodia más fácilmente dentro del procesamiento semántico.” Sin embargo,

también tienen gran dificultad para evitar la influencia de la prosodia emocional cuando evalúan el significado de una palabra.

En un estudio posterior, Schirmer et al. (2004) evaluaron el papel de la atención en el procesamiento de la prosodia emocional, para ello se instruyó a los participantes en poner atención sólo a la prosodia emocional y no atender a la información lingüística semántica. Observaron que las mujeres presentaban una tendencia no significativa a tener mayor la velocidad y porcentaje de respuestas correctas. Sugieren que al darles a los participantes la instrucción de que atendieran a la prosodia emocional, ya no se observaron diferencias significativas entre sexos. En cuanto a la valencia del estímulo, al parecer los estímulos negativos requieren más recursos atencionales y un tiempo de procesamiento mayor que los positivos.

Schirmer et al. (2005) usando los mismos estímulos, se les pidió a los participantes indicar si la palabra designada equivalía a la emoción prosódica de la frase precedente. Es interesante notar que, a diferencia del estudio anterior, no se presentaron diferencias sexuales en las amplitudes del N400 para la congruencia emocional comparada a las palabras no congruentes. Los autores especularon que las diferencias relacionadas al sexo en las tareas de priming emocional pueden depender de si a los participantes se les dice que tomen en cuenta la prosodia emocional. Además, ellos proponen que el reconocimiento de emoción en las mujeres puede ser menos dependiente en la asignación de atención que en los hombres.

Rymarczyk y Grabowska, (2007) encontraron que la PE y PL están más lateralizadas al hemisferio derecho, y los elementos gramaticales del lenguaje al hemisferio izquierdo. Ellas realizaron un estudio a hombres y mujeres que sufrieron un infarto cerebral en el HD comparándolos con sus respectivos controles sanos. De acuerdo al sitio de lesión, hubo pacientes con lesión en áreas frontales, temporo-parietales y en ganglios basales. No exhibieron problemas con la comprensión y repetición del lenguaje preposicional, ni afasias, ni depresión. En la PE fueron oraciones neutras semánticamente en entonación emocional de alegría, tristeza y enojo. Los sujetos hicieron una serie de más pruebas como son: la valoración de la concordancia de la entonación emocional y el contenido semántico, la discriminación de oraciones que contenían igual o diferente entonación emocional, identificación de

prosodia emocional en oraciones neutrales, identificación de emociones en no oraciones, tareas de prosodia lingüística, identificación de prosodia lingüística en oraciones neutrales, la discriminación de oraciones que contenían igual o diferente entonación lingüística, discriminación del estrés, por ejemplo: “**winter** starts in december vs winter starts **december**” e identificación de la entonación lingüística en no oraciones. En los resultados no se alcanzaron diferencias significativas entre sexos en los sujetos sanos, las autoras refieren un efecto techo ya que estos tuvieron un desempeño del 96% de respuestas correctas. Además los efectos dependientes del sexo, se encontró en los grupos de pacientes: mujeres con daño frontal tienen más dañada la comprensión de la prosodia que los hombres, mientras que en los hombres las lesiones subcorticales son las que más los afectan. Las autoras mencionan que es importante tener en cuenta que los estímulos fueron dichos por un locutor hombre lo cual también pudo haber influido en los resultados obtenidos.

Desde otro enfoque, distintas áreas del cerebro parecen estar activadas basándose en el género de la voz que escuchan, específicamente en los hombres la percepción de las voces de mujeres activan el GTS anterior derecho, mientras que las voces de hombres activaron las áreas mesoparietales del precuneus (Sokhi et al., 2005). Ethofer et al. (2007) en un análisis de efectos de la interacción entre el género del locutor y del oyente, revelaron una interacción inter-género con un incremento en las respuestas a la voz del sexo opuesto en el varón y en las mujeres. Este efecto se confinó a una entonación seductora de discurso en los datos del conductuales, así como en las respuestas hemodinámicas dentro del CTS medial. El patrón de respuestas en esta estructura, indica una particular sensibilidad a las voces emocionales de alta relevancia conductual para el oyente.

Alguna de las explicaciones posibles para esta diferencia sexual a favor de las mujeres en el reconocimiento prosódico emocional, es que en ellas se presenta una menor especialización hemisférica para el lenguaje y el procesamiento de éste es bilateral y en su HD aparte del procesamiento emocional prosódico, también se procesan elementos semánticos, por lo tanto se integran la información lingüística y prosódica más rápido. Además, en las mujeres hay mayores interconexiones entre el HD y HI a través del cuerpo calloso, así la información fluye más rápido entre hemisferios. Mientras en los

hombres hay mayor especialización hemisférica del lenguaje en el HI y presentan menores conexiones interhemisféricas. Este procesamiento bilateral por parte de las mujeres puede estar correlacionado con la mayor automatización al integrar la prosodia emocional con el procesamiento semántico, provocando las diferencias sexuales observadas.

2. Música

La música está presente en todas las civilizaciones y es inseparable de la existencia del hombre, ha sido definida como el arte de comunicar sonidos en el tiempo (Arias-Gómez, 2007). La música también se ha considerado, un lenguaje no-verbal para comunicar, reforzar o evocar emociones colectivas e individuales. La definición de la música como sonido organizado y dotado de carga significativa viene a incidir en ambos aspectos, además la música abarca géneros tan diversos como emociones puede sentir el ser humano (Arias-Gómez, 2007). Esta es mejor entendida como un lenguaje en el cual códigos formales (patrones acústicos y sus representaciones auditivas) son empleadas para evocar una variedad de experiencias conscientes (Bharucha et al., 2006).

Geoffrey Millar (2000, citado en Trehub, 2001), considera a la música como una adaptación humana compleja en base a que:

1. Ninguna cultura en ningún periodo en la historia está desligada de la música.
2. Tiene un registro en el desarrollo.
3. Todo adulto normal es capaz de procesar el tono y apreciar la música.
4. Hay una memoria especializada que hace posible el reconocimiento de miles de melodías.
5. Hay áreas corticales involucradas especialmente en el procesamiento musical.
6. Tiene señales análogas en otras especies: aves, gibones, ballenas, sugiriendo la posibilidad de una convergencia evolutiva.
7. La capacidad de la música para evocar fuertes emociones, las cuales implican aptitudes receptoras y adaptaciones productivas.

Con base en los registros arqueológicos se calcula que hace más de 50,000 años los primeros hombres fabricaron los primeros instrumentos musicales: además de los de percusión, la flauta más antigua hasta el momento fue encontrada en Eslovenia a la que los expertos asignaron de 40,000 a 80,000 años. Este hecho es una prueba del apreciable desarrollo musical en los homínidos de entonces (Arias-Gómez, 2007).

Pero ¿Por qué empezaron a hacer música?

Cualquier sistema vivo siempre va a optimizar sus recursos disponibles, ¿Qué provecho vio el hombre primitivo en la música?

Gracias a la antropología y arqueología se sabe que los primeros homínidos se comunicaron a través de la música antes de la aparición del lenguaje, por lo que se considera que la música era una práctica común e incluso en la actualidad representa una ventaja evolutiva cuya función es ayudar a organizar la vida en grupo y a estrechar los lazos frente a los posibles agresores (Zatorre, 2001; Altenmüller, 2002; Morley, 2003).

Los antropólogos consideran que la función central de la música era fomentar el sentido de colectividad, que vemos reflejados en los cantos asociados a determinadas tareas (canciones de tejedores, canciones de cosechas) o los cantos de guerra (marchas) (Altenmüller, 2002), así también en eventos culturales: ceremonias nupciales, ritos fúnebres, servicios religiosos, danzas, eventos deportivos.

En la actualidad, los grupos juveniles tienden a identificarse con expresiones musicales características (Altenmüller, 2002; (McDermott y Hauster, 2005).

Al parecer el vínculo del ser humano con la música reside en la propiedades de ésta para inducir emociones y estados de ánimo en quiénes la escuchamos. Esta cualidad puede estar en función de nuestra experiencia, es decir, en asociaciones tempranas que pudiéramos haber tenido, pero sin duda también está determinada por los patrones acústicos del estímulo musical como se ha reportado repetidas veces en la literatura. A este respecto se ha reportado que el escuchar música con un tiempo rápido en tonalidad mayor induce estados de ánimo positivos y altos niveles de alertamiento que aparte de provocar emociones positivas también facilitan el desempeño de tareas que requieren habilidades espaciales (Husain, Thompson y Schellenberg, 2002; Thompson et al., 2001). Otras asociaciones positivas plantean que la educación musical mejora el desempeño de tareas de razonamiento simbólico (Gromko y Poorman, 1998), habilidades en las matemáticas (Gardiner et al 199), habilidades lectoras (Lamb y Gregory, 1993), de memoria verbal (Ho, Cheung y Chan, 2003; Kilgour et al., 2000) y habilidades prosódicas emocionales (Thompson, et al., 2003, 2004; Schön et al., 2004; Magne, et al.,

2006; Patel e Iversen, 2007; Wong et al., 2007). Además han sugerido que algunas de estas asociaciones son mediadas por habilidades en el procesamiento de orden temporal (Jakobson, et al., 2003).

2.1 Elementos que constituyen la música

Los elementos que constituyen la música son los siguientes:

Escala: Es el código musical, representado en la música occidental por las 7 notas musicales: Do, Re, Mi, Fa, Sol, La y Si (Do mayor), en tonalidad mayor y su relativa menor (La menor). Comparándolo con el lenguaje las notas representarían las letras del alfabeto.

Tono: es la frecuencia principal asociada a la nota musical y está asociado al espectro armónico presente en la excitación acústica. Una misma nota musical emitida por dos instrumentos musicales difiere en su espectro armónico. Los elementos básicos de un tono son altura, duración, volumen o intensidad y timbre. La producción consecutiva de varios tonos origina patrones acústicos que se correlacionan con un contexto temporal en la memoria auditiva (Altenmüller, 2002).

Intervalo, es el espacio tonal entre una nota y otra, por lo tanto formado por dos tonos consecutivos. Así, quien empieza por atender a la sucesión de los dos primeros tonos conformando una unidad, luego la sucesión de los tonos dos y tres, después los tonos tres y cuatro y así sucesivamente, realiza una escucha centrada en los intervalos (Altenmüller, 2002).

Contorno melódico o melodía, se refiere a la línea melódica y resulta de la agrupación de unidades de percepción de los intervalos. Esta escucha polarizada en el contorno guarda un vínculo más estrecho con la percepción global (Altenmüller, 2002).

Así la melodía consiste en una sucesión y combinación de sonidos (y silencios) estos sonidos suben, bajan o se repiten y dan lugar a movimientos de tensión, percibidas como un contorno que oscila y progresa. (Arias-Gómez, 2007).

Ritmo, hace referencia a la sucesión temporal de sonidos (Altenmüller, 2002), subdivididas en partes fuertes (acentuadas) y débiles. La característica de todos los ritmos es su repetición regular en el tiempo (compás), que se presenta por la repetición a intervalos regulares de sonidos fuertes y débiles.

Este conjunto de sonidos en grupos de 2 o 3 y sus combinaciones constituyen un pulso regular conocido como “tiempo”. El primer tiempo de cada grupo es el que porta el acento.

Métrica, es el latido regular que subyace bajo una sucesión de tonos (Altenmüller, 2002). La unidad métrica del ritmo es el compás que separa un acento de otro.

Armonía, es el encadenamiento de los acordes (Williems, 2001). El acompañamiento de una melodía musical es una serie de acordes. Un acorde consiste en un conjunto de sonidos de diferente frecuencia, tocados simultáneamente.

Para poder percibir ritmo y métrica es necesario retener en la memoria los sucesos acústicos que guardan relación temporal y reconocer su orden (Altenmüller, 2002).

Ritmo y melodía constituye los pilares básicos de la música. A lo largo de la historia, viejas melodías populares han sido aprovechadas por compositores que les han proporcionado nuevos ritmos, además de otras transformaciones como armonías (base de nuevos sonidos añadidos) y contrapuntos (melodías opuestas o complementarias) (Arias Gómez, 2007).

2.2 Reconocimiento musical

Investigaciones recientes han evaluado la anatomía funcional del procesamiento musical.

La identificación de una pieza musical se basa principalmente en la correcta alternancia de los tonos con una distancia tonal relativa entre ellos, hecho que permite discriminar entre los más agudos y los más graves (Baquero-Jiménez y Payno-Vargas, 2001).

El reconocimiento musical es muy complejo y requiere de la intervención del procesamiento de múltiples componentes. En el reconocimiento musical podrían existir canales separados para la organización temporal (ritmo y métrica) y melódica (escala, tono, intervalo y melodía). La organización temporal es definida por variaciones secuenciales en la duración también es asignado como “TEMPO” y la organización melódica definida por variaciones secuenciales del tono, también asignado como “MODO” (Peretz, Champod y Hyde, 2003).

2.2.1 Modelo neuropsicológico para el reconocimiento musical

Un modelo neuropsicológico para el reconocimiento musical fue propuesto por Peretz y Kolinsky en 1993, con fundamento en numerosos estudios clínicos. Este modelo fundamentalmente es de percepción musical y memoria (Figura 2) (Peretz et al., 2003).

Modelo neuropsicológico para el reconocimiento musical

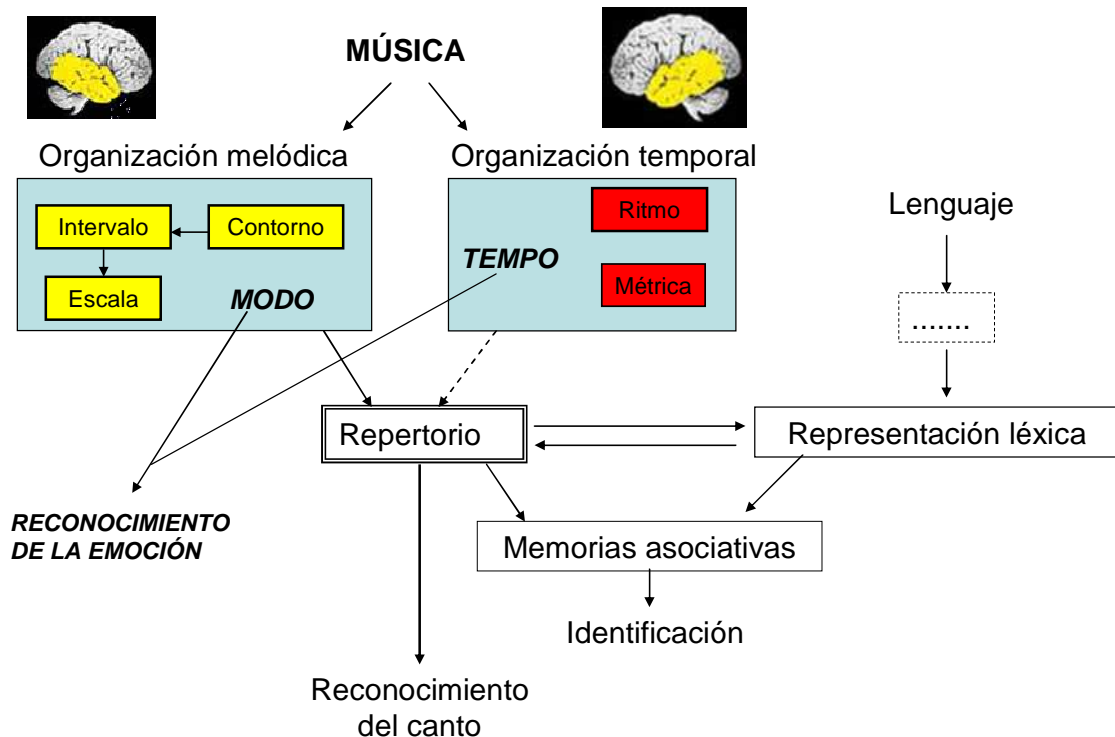


Figura 2. Esquema del procesamiento de los elementos involucrados en el reconocimiento musical. El procesamiento involucrado en el reconocimiento musical está en mayúsculas (Peretz et al., 2003).

El modelo describe la entrada del estímulo musical. Este estímulo es procesado por vías independientes y en paralelo a lo largo de la dimensión melódica (contorno melódico, intervalo y escala) y la dimensión temporal (ritmo y métrica), después se analiza en ambas y se define el análisis musical para sus respectivas salidas o se almacena por largo tiempo formando el repertorio.

Este modelo (representado en la figura 2) solamente considera música monofónica, es decir música que contiene una simple línea melódica (una sola voz). Ésta puede corresponder al tono componente de una canción. El componente lírico de una canción es tomado para ser procesado en paralelo en un sistema diferente (sistema de procesamiento del lenguaje dibujado en el lado derecho de la figura 2).

Por otro lado, la entrada de la música es analizada por 2 vías paralelas y en gran parte subsistemas independientes cuyas funciones son específicas respectivamente, el contenido melódico (por ejemplo: representando el contorno melódico y las funciones tonales de la sucesión de tonos) y el contenido temporal (representado la organización métrica como la estructura rítmica de la sucesiva duración). Para simplificar, la ruta melódica representa el “qué” (What) y la ruta temporal representa el “cuándo” (When), los eventos ocurren en la entrada auditiva musical. Las dos rutas definen el análisis de los componentes musicales, llevando sus respectivas salidas o tal vez una combinación de las dos para el repertorio.

El repertorio es concebido como un sistema perceptual de representación disponible a todos los oyentes, que contiene todas las representaciones de las expresiones musicales específicas a las cuales uno está expuesto durante su vida (Peretz, 1993; Peretz et al., 2003). Algo parecido a un léxico musical, lo cual explica la existencia de una representación abstracta y un sistema de almacenamiento de tonos que el sujeto es capaz de reconocer (Baquero-Jiménez y Payno-Vargas, 2001).

A su vez, las salidas respectivas del repertorio pueden activar la representación almacenada en otros sistemas, tales como la representación léxica para la recuperación de las letras que le han acompañado, o los recuerdos asociativos por recuperar y pronunciar el título del fragmento musical (conduciéndonos a su identificación) y para recuperar toda clase de información no musical (tal como un relato episódico relacionado con la primera vez que escuchó esa pieza musical), nombrando un fragmento musical vía recuerdos asociados, no obstante, ésto no es necesario para el reconocimiento. El modelo es válido para aplicarse para el reconocimiento tanto de entradas musicales familiares como no familiares (Peretz, 1993, Peretz et al., 2003).

Tomando como base este modelo Peretz et al., (2003) crearon una Batería para la evaluación de la amusia (MBEA) la cual fue validada con numerosos en estudios neuropsicológicos en individuos sanos e individuos con trastornos musicales de diversa etiología, además fue correlacionada con la prueba de Gordon (examen de perfil musical).

2.2.2 Batería para la evaluación musical

La MBEA es una herramienta conductual que permite evaluar las habilidades de discriminación y reconocimiento musical.

Estas habilidades musicales de discriminación y reconocimiento involucran una base neural con funcionamiento común que puede ser examinado en todos los oyentes normales, no músicos e igual músicos. Las habilidades básicas dependen del adecuado funcionamiento de múltiples componentes.

La MBEA en su versión infantil creada por Villeneuve y Peretz (2005), evalúa la discriminación y reconocimiento de tonadas no familiares y consta de 24 fragmentos musicales inéditos interpretados al piano, que han sido contruidos con arreglo a los cánones de la música occidental e intencionadamente compuestos para la realización de este tipo de pruebas. Esta explotación va dirigida a valorar: tonos aislados, secuencias, variaciones en la tonalidad y en el ritmo.

La percepción musical, además de la capacidad de escuchar las notas, los tonos, los acordes, la duración, el timbre y la intensidad, requiere esencialmente de la capacidad de percibir las relaciones secuenciales y espaciales de notas, melodía, ritmo y armonía (Ramos-Loyo, 2008).

2.3 Procesos neurales implicados en el reconocimiento musical.

La percepción del tono, el ritmo, la melodía y la emoción, parecen tener localizaciones cerebrales distintas, como ya se mencionó en el modelo neuropsicológico propuesto por Peretz et al., (2003).

2.3.1 Naturaleza del estímulo y educación musical.

En la discriminación de secuencias musicales son de gran importancia varios aspectos, de los que hay que destacar principalmente:

- 1.- La naturaleza del estímulo, si se trata de reconocimiento de melodías conocidas, inéditas o no familiares,
- 2.- La condición del oyente, es decir que sea músico o no.

Por ejemplo, el caso 1, si las melodías son conocidas, ambos hemisferios participan por igual, cuando son inéditas, el hemisferio derecho es más resolutivo (Peretz y Kolinsky, 1993); y en el 2, una persona sin experiencia

percibe la música en su contorno melódico total, el profesionalista la escucha con una relación entre elementos y símbolos musicales (lenguaje musical). Con este tipo de análisis es concebible que el que no tiene experiencia perciba la música en el hemisferio derecho, en tanto que el profesionalista lo haga a través del hemisferio izquierdo (Afifi y Bergman, 2006). Son varios los estudios que apoyan esta idea de diferencias en la lateralización del cerebro entre los músicos y no-músicos (Peretz y Kolinsky, 1993; Parsons, 2006; Afifi y Bergman, 2006; Stewart et al., 2006).

2.3.2 Percepción musical en no músicos

2.3.2.1 Percepción del tono

En concordancia con Peretz et al. (2003) y Overy et al. (2004) que señalan que en el cerebro del adulto la melodía y el ritmo muestran diferente dominancia hemisférica para su procesamiento, el hemisferio derecho aparentemente es más sensible a la melodía y el HI al ritmo; además se ha reportado que este mismo procesamiento ocurre al parecer también en los niños, sólo que la activación es menor. En este mismo sentido, Griffiths et al. (1999) encontraron la activación de una amplia red bilateral principalmente lateralizada al hemisferio derecho incluyendo las regiones del cerebelo, temporal y frontal posterior inferior en adultos varones ante una tarea de juicio igual/diferente, al comparar secuencias de frecuencias de 6 tonos. Levänen et al. (1996) en estudios de MEG encontraron una mayor participación del hemisferio derecho en la discriminación tonal reflejada en latencias cortas de M100 y MMFs, tanto para los estímulos presentados ipsilateral como contralateralmente; también una fuerte participación del hemisferio izquierdo, junto con el derecho, en el procesamiento basado en la memoria de tonos simples, en la corteza auditiva supratemporal y corteza inferoparietal derecha.

Sin embargo, también hay evidencia de la participación de las áreas izquierdas en la percepción del tono. Particularmente, áreas temporales izquierdas participan en la percepción de la música como lo reporta Patel et al. (1997), en estudios en tareas de atención selectiva al tono, ritmo y timbre en temas familiares. La actividad predominante en el HI es atribuida a la familiaridad de las melodías en el caso de las tareas de tono y ritmo, mientras que para la discriminación del timbre, se observó una lateralización al HD.

También se ha observado la participación del precuneus (AB 18/19), circunvolución frontal superior (AB 47) y temporal superior (en la parte anterior AB 22) del HI cuando a los sujetos se les pidió detectar cambios de tono en temas familiares.

Zatorre et al. (1994) pidieron a los participantes llevar a cabo cuatro tareas diferentes. Tuvieron que (1) escuchar una secuencia de ráfagas de ruido “tarea de control”, (2) escuchar melodías tonales no familiares “escucha pasiva”, (3) comparar el tono de las dos primeras notas de la misma serie de melodías “carga baja de memoria auditiva” y (4) comparar el tono de la primera nota y última nota de la melodía “carga alta de memoria auditiva”. Se observó que la escucha pasiva de melodías provocó la activación de la circunvolución temporal superior derecho (STG-D) y las áreas occipitales. Cuando se compara con la condición de escucha pasiva, la condición de baja carga de memoria reveló la activación del lóbulo frontal del hemisferio derecho. El estudio también reveló que en las condiciones de la memoria hay una menor actividad en el lóbulo temporal izquierdo. Los autores de este estudio concluyeron que la corteza temporal superior derecha juega un papel importante en el análisis de la percepción de las melodías, mientras que el lóbulo frontal derecho parece estar implicado en las comparaciones de tono y el mantenimiento activo de tono.

Penagos et al. (2004) realizaron un estudio donde se midió la activación ante tonos armónicos complejos en los cuales la regularidad temporal fue idéntica, pero cuyo tono sobresaliente difirió a través de las condiciones. Se presentó una correlación entre los tonos sobresalientes y la activación en la corteza auditiva secundaria, lo que sugiere que el nivel de actividad depende de la relevancia de tono. De manera semejante, Bendor y Wang (2005) señalan la existencia de un "centro tonal" en la corteza auditiva secundaria en primates.

Estudios realizados por Parsons (2006) con fMRI en hombres adultos arrojaron diferencias y semejanzas en las estructuras que participan en los 3 componentes principales de la música: melodía, armonía y ritmo. La discriminación de cambios melódicos de una pieza musical generó una activación en las áreas auditivas: área temporal superior y temporal medial (AB 22/21) en el hemisferio derecho y de áreas temporales medial e inferior (AB 21 y 20); también observó una activación predominantemente izquierda, del

cerebelo en su área lateral posterior, la cual conecta con la corteza cerebral derecha.

2.3.2.2 Percepción del Ritmo

Varios estudios han utilizado modelos simples de golpes sin un contexto musical en particular. Xu et al. (2006) mostró la activación de zonas del cerebelo durante la percepción y el desempeño de las secuencias temporales. Estos estudios, que muestran la activación de las estructuras motoras, sugieren la posibilidad de una teoría motora de la percepción del ritmo, como un paralelo a la teoría motora de la percepción del habla (Liberman, 1985), que sugiere que nuestra percepción del ritmo podría depender de los mecanismos motores necesarios para su producción, o que existe una estrecha relación entre las áreas relacionadas con la percepción del ritmo y las áreas del movimiento. De hecho, trabajos conductuales en niños (Phillips-Silver y Trainor, 2005) sugieren una interacción entre la información sobre el movimiento del cuerpo y el ritmo percibido.

Parsons (2006) menciona que la condición de ritmo generó una activación en la corteza temporal medial e inferior del hemisferio izquierdo y de manera importante, del cerebelo. La implicación del cerebelo es interpretada, con el procesamiento sensorial y cognoscitivo; también generó la activación de áreas relacionadas con procesos de atención, como son los ganglios basales y el cíngulo.

La tarea de discriminación del ritmo comprende la evaluación de la duración, patrones, tempo y métrica, al respecto se obtuvieron los siguientes resultados:

En general para el tempo, patrones y discriminación métrica se detectó una tendencia de activación en los no músicos, que no se presentó en los músicos (Tabla 1.)

Tabla 1. Estudios de activación de áreas cerebrales en músicos y no músicos.

Tarea	No músicos	Músicos
Discriminación de tempo	Activación en frontal medial derecha y cerebelo posterior lateral	Sin activación
Discriminación de patrones	Cerebro medio y cerebelo posterior lateral	Sin activación
Discriminación de métrica	Frontal inferior derecha y cerebelo posterior lateral	Sin activación
Discriminación de duración	Sin activación.	Activación en frontal medial bilateral, parietal inferior y en el cerebelo posterior lateral

2.3.3 Percepción musical en músicos

Estudios realizados por Parsons (2006) en músicos mencionan diferencias y semejanzas en las estructuras que participan en los 3 componentes principales de la música: melodía, armonía y ritmo. En la discriminación de cambios melódicos de una pieza musical se generó una activación en las áreas auditivas: área temporal superior y temporal medial (AB 22/21) en el hemisferio izquierdo y en áreas temporales medial e inferior (AB 21 y20). Además, en los músicos hay una activación cerebelar bilateral que aparentemente soporta la activación bilateral temporal. La tarea de discriminación de la armonía produjo la activación bilateral, aunque más en el hemisferio izquierdo, de las áreas mediales, superiores y posteriores de la corteza temporal.

Un estudio de PET (Penhune et al., 1998) ha mostrado una actividad en los ganglios basales y cerebelo lateral durante la reproducción de un ritmo. Auzou et al. (1995), mediante EEG reportan una red entre el neocórtex temporal derecho y el lóbulo frontal derecho que permite mantener la información acústica en una memoria auditiva activa, necesaria para llevar a cabo la tarea de la discriminación musical particularmente del timbre, tono y melodía.

Los estudios longitudinales han demostrado reorganización funcional del cerebro incluso después de períodos cortos de formación musical (Gaab et al,

2006; Stewart et al, 2003), aunque la medida en que estos cambios perduran después del entrenamiento es desconocido.

2.4 Percepción de las emociones en la música

Se han descrito casos de pacientes con lesiones cerebrales determinantes de profundas alteraciones en la percepción del ritmo, tono y melodía, que son capaces de percibir el componente emocional de la música (Peretz y Zatorre, 2005) y también hay otros que muestran lo contrario. Esto prueba que el componente emocional de la música se procesa de manera independiente. Se ha demostrado en estudios de PET que la música poco placentera decrementa la actividad de la corteza orbitofrontal y del cíngulo anterior y aumenta la del precuneus y el giro parahipocámpico derecho (Peretz, et al., 1998).

Se ha comprobado en estudios de resonancia magnética funcional (fMRI) que la música disonante (poco placentera), activa la amígdala, el hipocampo y parahipocampo y las regiones temporales, estructuras relacionadas con carga emocional negativa. Por el contrario, la música agradable activa la circunvolución frontal inferior, la ínsula superior, el estriado ventral y el opérculo de Rolando (Baumgartner, 2006). Hallazgos semejantes con respecto a la activación de la amígdala fueron encontrados por Koelsch et al. (2006), en los sujetos sanos al escuchar música desagradable y se desactiva al escuchar música agradable (Blood y Zatorre, 2001). También se observó la activación del estriado ventral y la ínsula al escuchar música agradable (Koelsch et al., 2005). En estudios realizados por Gosselin et al. (2005, 2007) se ha identificado que la amígdala desempeña un papel crucial en el reconocimiento de la música de miedo.

2. 5 Desarrollo de reconocimiento musical

Las habilidades musicales son innatas, los bebés responden mejor ante el canto de la madre que cuando ella les habla, así prefieren una voz melódica y aguda que una voz grave y brusca, de igual manera prefieren escuchar sonidos suaves que estridentes, como las canciones de cuna, canciones con sonidos consonantes que con sonidos disonantes.

Recientemente, las investigaciones sugieren que la música juega un papel importante en la regulación de los estados de ánimo en los infantes.

Zenter y Kagan (1996) valoró las respuestas motoras, las reacciones de agrado y desagrado en bebés de 4 meses ante la consonancia y la disonancia, basados en la "hipótesis de que hay vías innatas que favorecen las consonancias sobre las disonancias". Observaron que los niños prefieren las melodías consonantes a las disonantes lo que sugiere que el niño está capacitado para percibir ambas modalidades, pero de manera innata y biológica la consonancia les resulta más atractiva y agradable que la disonancia. Lo anterior también fue observado a los 6 meses de vida, además, en esta edad también se demostró que los bebés presentan más atención al canto maternal que al habla de las madres. Así, los bebés son particularmente sensibles a los mensajes emocionales de la música, lo que sugiere un valor adaptativo al canto maternal (Trehub, 2001).

Durante el 1 año de vida los bebés balbucean y disfrutan del juego vocal, también disfrutan de escuchar música, son sensibles al contorno melódico e intervalos musicales, permanecen alerta a algunas propiedades de la armonía y demuestran preferencias musicales (Elliot, 1999 citado en Pound y Harrison, 2002); a los 2 años demuestra la tendencia espontánea de creación musical (Gardner, 1996 citado Pound y Harrison, 2002); también muestran un interés creciente en hacer de sonidos con objetos cotidianos y materiales, incluidos los instrumentos musicales (Pound y Harrison, 2002).

Los niños de 3 años presentan una marcada tendencia a experimentar con la voz e instrumentos, tienen mayor interés en las canciones extraídas de la cultura de origen. Los niños disfrutan de repetir canciones conocidas, y en cuanto a la voz es más sostenida y tienen mayor control que les permite reproducir canciones enteras (Pound y Harrison, 2002). También muestran habilidad para reconocer en la música la alegría y por los 6 años, ellos muestran habilidades como los adultos para identificar la tristeza, el miedo y el enojo en la música. (Dolgin y Andelson 1990 en Peretz, 2001).

Además, los niños tienen capacidades relacionadas con abstracciones características específicas musicales; con 5 años de edad, los niños están listos para discriminar entre alegría y tristeza reconociendo las diferencias del

tiempo (rápido vs. lento). A los 6 años, muestran evidencia del uso de ambos, el tiempo y el modo (mayor vs. menor) como lo hacen los adultos.

A pesar de que los resultados sugieren que la sensibilidad al tiempo precede la sensibilidad al modo, es notable que por la edad de 6 años los niños muestran el conocimiento completo de las reglas que gobiernan el carácter triste - feliz que rodea a la música (tempo lento y rápido). Esta habilidad parece permanecer generalmente inalterada a través de la vida (Dalla et al., 2001; Gerardi y Gerken, 1995; Gregory et al., 1996).

Revez (1957, citado en Pound y Harrison, 2002) menciona que de 6 a 7 años hay una transición gradual del juego musical a una asimilación consciente y una correcta reproducción musical. Sloboda, (1985), menciona que los niños se vuelven más conscientes de la convención cultural de la música que oyen, y desarrollan una mayor capacidad para reconocer los cambios en las melodías tonales, también son capaces de identificar la misma melodía presentada a una velocidad diferente.

El creciente desarrollo musical se muestra en una mayor capacidad de cantar a tono, para controlar la dinámica, y para realizar y responder de manera rítmica en el tiempo (Pound y Harrison, 2002).

Overy et al. (2004) examinaron la base neural del ritmo y la melodía en niños de 6 años; se les requirió que juzgaran como igual o diferente dos piezas musicales cortas. Fueron usados 5 tonos diferentes correspondiendo a las primeras 5 notas de la escala en C "Do" mayor. Los niños presentaron patrones de activación similares para la melodía y el ritmo; particularmente para el procesamiento de la melodía una activación en una pequeña región cerca de la corteza auditiva primaria derecha. Los niños mostraron una especialización para el procesamiento de la melodía al HD y del ritmo al HI, pero menos extendida de lo reportado en adultos, lo que sugiere que la especialización hemisférica se desarrolla con la edad.

Trehub (2003), en un estudio de memoria en niños de 5 a 9 años de edad, encontró que los niños desde los 5 años pudieron identificar las variaciones de tono de una melodía familiar, sólo cuando el cambio es de dos semitonos (equivalente a un tono), pero no por un semitono.

Koelsch y Friderici (2003) sugieren que alrededor de los 5 a 9 años de edad los niños tienen un conocimiento implícito de la sintaxis musical, esto es,

las complejas regularidades tonales de la música. Estos hallazgos soportan la hipótesis de que la adquisición del conocimiento de las regularidades musicales y el procesamiento de la información musical es generalmente una habilidad normal del cerebro humano y ya se encuentra presente a los cinco años. A esta edad los niños han sido expuestos a la música tonal mayor y menor.

Koelsch et al. (2005), en una investigación con fMRI, cuyo objetivo fue detectar las estructuras que se activan ante la percepción musical evaluaron niños de 10 años con varios niveles de entrenamiento (3 sin instrucción musical, 4 con menos de un año de entrenamiento y 3 con más de un año “2, 4 y 8 años” y adultos no músicos y músicos. Los sujetos hicieron juicios de secuencias musicales que terminaban en acordes sintácticamente regulares o irregulares. En todos los grupos, los acordes no esperados activaron la corteza frontolateral inferior (CFLI, AB 44 y 45), premotora ventrolateral inferior (CPMvl) (AB 6), estructuras del lóbulo temporal anterior y posterior, la corteza orbital frontolateral (CFLO) (AB 47) y la ínsula anterior. Estas estructuras presumiblemente forman diferentes redes mediadas por los aspectos cognitivos del procesamiento musical, como el procesamiento de la sintaxis musical y el significado musical, así como la memoria de trabajo auditiva y aspectos emocionales del procesamiento musical. En el hemisferio derecho la activación de patrones fue semejante entre los niños y los adultos excepto por el giro supramarginal (GMS). En el hemisferio izquierdo, los adultos mostraron una amplia activación con respecto a los niños en áreas prefrontales, en el giro supramarginal y áreas temporales. En los niños sólo se observó la activación significativa de la CFLO y porción anterior del GTS. En ambos adultos y niños el entrenamiento musical fue correlacionado con una fuerte activación en el CFLI derecho y porción anterior del giro temporal superior derecho en comparación con los no músicos. Los datos en los niños sugieren que las diferencias entre músicos y no músicos pueden ser observadas ya desde los 10 años.

En conclusión, datos obtenidos con diferentes investigaciones con diferentes métodos de investigación y de diferentes grupos de sujetos indican que la estructura musical puede ser procesada por mecanismos que operan:

a) De manera completamente automática,

b) con una latencia de 180 ms, y que principalmente se origina en la corteza prefrontal, probablemente con contribución de estructuras del lóbulo temporal anterior. Estos mecanismos cerebrales pueden ser observados en no músicos, músicos, adultos, y niños, y parecen ser semejantes, y parcialmente sobrepuestos o asociados con los mecanismos que procesan la comprensión del lenguaje.

c) Hay una habilidad para adquirir implícitamente conocimiento acerca de las regularidades musicales y la habilidad de procesar información musical, que parece ser importante para la adquisición del lenguaje (Koelsch y Friderici, 2003; Tillmann, 2005).

Comparando como se percibe la música por los adultos y los infantes tenemos que estos últimos presentan mayor diferenciación de cambios o contrastes en un lenguaje extranjero, en cambios melódicos y métricos atípicos, lo cual es más difícil de diferenciar por los adultos, que se explica en base al desarrollo: En un estado inicial del organismo, los cambios se perciben en un dominio general y después, con la edad y la experiencia son de un dominio específico de procesamiento (Trehub, 2001).

2.6 Diferencia sexuales en el reconocimiento musical

En música, las diferencias sexuales han sido poco estudiadas, los estudios realizados están enfocados principalmente en potenciales relacionados a eventos (PREs) y estudios conductuales.

Koelsh et al. (2003) a partir de un estudio con PREs en niños de 5 a 9 años mientras escuchaban música tonal (mayor-menor) con secuencias de armónicos frecuentemente inapropiados, proponen que los niños de 5 años procesan la música según una representación cognoscitiva bien establecida en base a las regularidades musicales sintácticas conforme sistema tonal. Además se muestra que, en contraste a los adultos, existe una respuesta cerebral negativa y temprana, predominantemente izquierda, en los hombres y bilateral en las mujeres. En estudios con adultos se ha observado que los PRE tienen clara preponderancia en el HD en los hombres y de manera bilateral en las mujeres (Koelsh et al., 2002).

Es importante señalar que esta “temprana negatividad” es generada por la corteza frontolateral inferior (Maess et al., 2001). En adultos esta región la

han también involucrado en el procesamiento de los aspectos sintácticos del lenguaje (Friederici et al., 2000a; Friederici et al., 2000b; Caplan, et al., 1999; Dapretto y Bookheimer, 1999) y varios estudios reportan una fuerte ventaja en niños para el procesamiento sintáctico (Dennis, 1980). Notablemente, ambas diferencias de género, funcionales (Jaeger et al., 1998; Pugh et al., 1996) y anatómicas (Amunts et al. 1999) también han sido reportadas en esta región en adultos indicando que, las funciones del lenguaje en esta región están fuertemente lateralizadas al HI en los hombres, mientras que en las mujeres muestran patrones bilaterales (Jaeger et al., 1998; Pugh et al., 1996); además, la densidad celular en esta región frontolateral inferior, muestra una gran asimetría hemisférica en el hombre (baja densidad celular en el hemisferio derecho, Amunts et al., 1999); y es proporcionalmente pequeña en el cerebro de machos en comparación con las hembras (Harasty, 1997):

Nater et al. (2006) presentaron dos estímulos musicales, uno placentero y otro displacentero, encontrando diferente reactividad entre hombres y mujeres en respuestas psicofisiológicas. Las mujeres presentaron una mayor activación periférica ante el estímulo displacentero, mostrando mayor hipersensibilidad a estímulos musicales aversivos.

Al parecer las diferencias sexuales en la manera en que se percibe la música se observan desde edad temprana y se mantiene hasta la edad adulta, y se relaciona con un proceso madurativo de las estructuras que participan en su percepción, y probablemente estas diferencias están influenciadas por la experiencia.

3. Relación entre prosodia y música

En todas las culturas humanas se hace uso de dos sistemas de sonidos organizados, la música y el lenguaje. Aunque estos sistemas tienen diferencias, ambos emplean patrones rítmicos y melódicos y secuencias gobernadas por reglas (Patel, 2005, Ramos-Loyo, 2008). El lenguaje verbal, por su parte, está compuesto de una serie de eventos en el tiempo con un ritmo e información segmental (fonemas) y suprasegmental (prosodia). Del mismo modo, la música está conformada por una serie de sonidos organizados en el tiempo. Ambos, el lenguaje y la música, son sistemas basados en reglas compuestas de elementos básicos (fonemas y palabras y notas y acordes, respectivamente) que se combinan en estructuras de orden superior (oraciones y tópicos y frases y temas musicales, respectivamente) a través de reglas de sintaxis y armonía (Ramos-Loyo, 2008).

Como ya se mencionó anteriormente, tanto la voz como la música son sonidos con una serie de características. A continuación se describirá el sonido y sus propiedades físicas para posteriormente hablar sobre las estructuras involucradas en el procesamiento de la prosodia emocional y la música.

3.1 El sonido

Físicamente, el sonido es energía o vibración que genera ondas capaces de producir sensaciones auditivas, consiste en un movimiento ondulatorio que se propaga en un medio elástico, con frecuencias que oscilan entre los 16 y 20,000 ciclos por segundo o Hertz "Hz"; esta oscilación constituye la llamada banda acústica. Los cambios de presión se desplazan por el aire a 340 metros por segundo y por el agua a 1500 metros por segundo y es la llamada onda acústica u onda sonora (Goldstein, 1999).

Las propiedades físicas de un sonido son: frecuencia, amplitud y forma de la onda (o composición armónica) y tienen 3 características principales: volumen, tono y timbre (Goldstein, 1999).

- a) Tono o altura, depende de la longitud de onda y de la frecuencia; las frecuencias bajas producen sonidos graves, las frecuencias altas producen sonidos agudos. Cuanto mayor sea la frecuencia de un sonido mayor será su altura de tono y viceversa. Estas diferentes frecuencias ofrecen distintas posibilidades melódicas

(Willems, 2001; Montilla,1999). Para mostrar la relación entre la longitud de onda y la frecuencia tenemos que una onda larga tiene una frecuencia lenta (por ejemplo, sonidos graves de 10 metros) y la onda corta tiene una frecuencia rápida (por ej., sonidos agudos de 10 cm) (Willems, 2001).

- b) Timbre o calidad, de éste depende la forma de la onda. Está constituido por el conjunto de sonidos parciales que se añaden al fundamental. Los sonidos son generalmente compuestos. Además del sonido principal, el preferentemente audible, coexisten al mismo tiempo otros sonidos simples más agudos llamados armónicos. Según el número, clase e intensidad de estos armónicos que acompañan a este sonido fundamental, variará el timbre o calidad del sonido. El timbre determina en la música el colorido tonal que proporcionan los distintos instrumentos y los diferentes tipos de voces humanas. El color de una nota permite distinguir entre varios instrumentos tocando una misma melodía (Willems, 2001; Montilla,1999).
- c) La intensidad o volumen está determinada por la amplitud de la onda sonora y puede definirse como la energía que atraviesa en la unidad de tiempo una unidad de superficie colocada normalmente en el sentido de la propagación. La intensidad del sonido cuando la velocidad de propagación cumple la condición antes mencionada es proporcional a los cuadrados de la amplitud y la frecuencia de las ondas (Willems, 2001). La intensidad es uno de los elementos fundamentales del sonido y evoca el espacio (un sonido fuerte llega más lejos que un sonido débil y a menudo necesita ser producido por un gesto mayor). En muchos casos el grado de intensidad sirve para evaluar, no tanto la fuerza del sonido, sino la distancia a la que se ha producido (Willems, 2001).

Gracias a las propiedades físicas del sonido distinguimos los distintos estímulos sonoros que nos llegan del exterior (Willems, 2001; Montilla,1999), así, todo sonido es procesado a través del análisis de patrones acústicos

simples (intensidad, frecuencia, inicio), patrones acústicos complejos (como patrones de estos patrones simples en función del tiempo) y patrones semánticos (asociaciones aprendidas de patrones de sonidos y significados) (Griffiths, 2001).

Estos sistemas de sonidos organizados son percibidos, evaluados y categorizados en el sistema auditivo periférico y central, y áreas de asociación auditiva e intermodal, así como estructuras involucradas en los procesos de atención y memoria, de esta manera tanto el lenguaje como la música comparten numerosas estructuras neurales tanto periféricas como centrales.

3.2 El reconocimiento prosódico emocional y la música comparten la misma vía sensorial

La audición permite al ser humano la capacidad de oír, mediante procesos psicofisiológicos y psicológicos, cumpliendo tres tareas básicas: 1.Lleva el estímulo a los receptores, 2.Lo traduce en señales eléctricas 3. Las procesa en tono, volumen, timbre y ubicación (Goldstein, 1999).

Para realizar las mencionadas tareas el sistema auditivo se divide en:

- Sistema Auditivo Periférico.
- Sistema Auditivo Central.

3.2.1 Sistema Auditivo periférico

Se encarga de captar el sonido mediante procesos fisiológicos y enviarlo al cerebro. Anatómica y funcionalmente se divide en: oído externo, el cual se encarga de canalizar la energía acústica; el oído medio, transforma la energía acústica en mecánica, la transmite y amplifica hacia el oído interno en el cual la estructura principal es la cóclea o caracol en el que la energía sonora se transforma en señales eléctricas y las envía al cerebro. En el oído interno, el órgano de Corti es el receptor auditivo, y está conformado por varios tipos de células, siendo las más importantes, las células ciliares internas "CCI" que son las verdaderas células sensoriales, encargadas de transformar la energía mecánica en impulsos nerviosos que serán posteriormente filtrados analizados tratados e interpretados por los centros auditivos superiores del cerebro (Montilla, 1999).

3.2.2 Sistema auditivo central

Este se encuentra formado por nervios auditivos aferentes y eferentes y numerosos núcleos a lo largo del tallo cerebral, el mesencéfalo y el tálamo hasta alcanzar la corteza auditiva en el lóbulo temporal, se encarga de procesar la información recibida, tiene funciones específicas de las cuales el individuo depende para interpretar lo que escucha (Gallardo, 2003).

3.2.2.1 Vías Auditivas

Son los tractos nerviosos por donde viaja la información desde la cóclea hasta la corteza auditiva y forman las fibras del nervio auditivo o vestíbulo coclear “VIII par craneal”. Además, hay también vías eferentes que van desde la corteza auditiva hasta los núcleos cocleares las cuales regulan la entrada de la señal acústica (sistema córticofugal) (Délano et al., 2005).

La vía auditiva ascendente, hace relevos en el núcleo coclear, oliva superior del tallo cerebral, colículo inferior del mesencéfalo y núcleo geniculado medial del tálamo, llegando por último a la corteza temporal (Goldstein, 1999; Alcaraz, 2001). En estos núcleos interactúan de manera muy compleja durante el ascenso a la corteza cerebral (algunas de estas interacciones se muestran en la figura 4). Sin embargo, no necesariamente establecen conexiones en todos los núcleos situados a lo largo de ella, al parecer estas conexiones se establecen en base a la información transmitida, más adelante se menciona sobre su función.

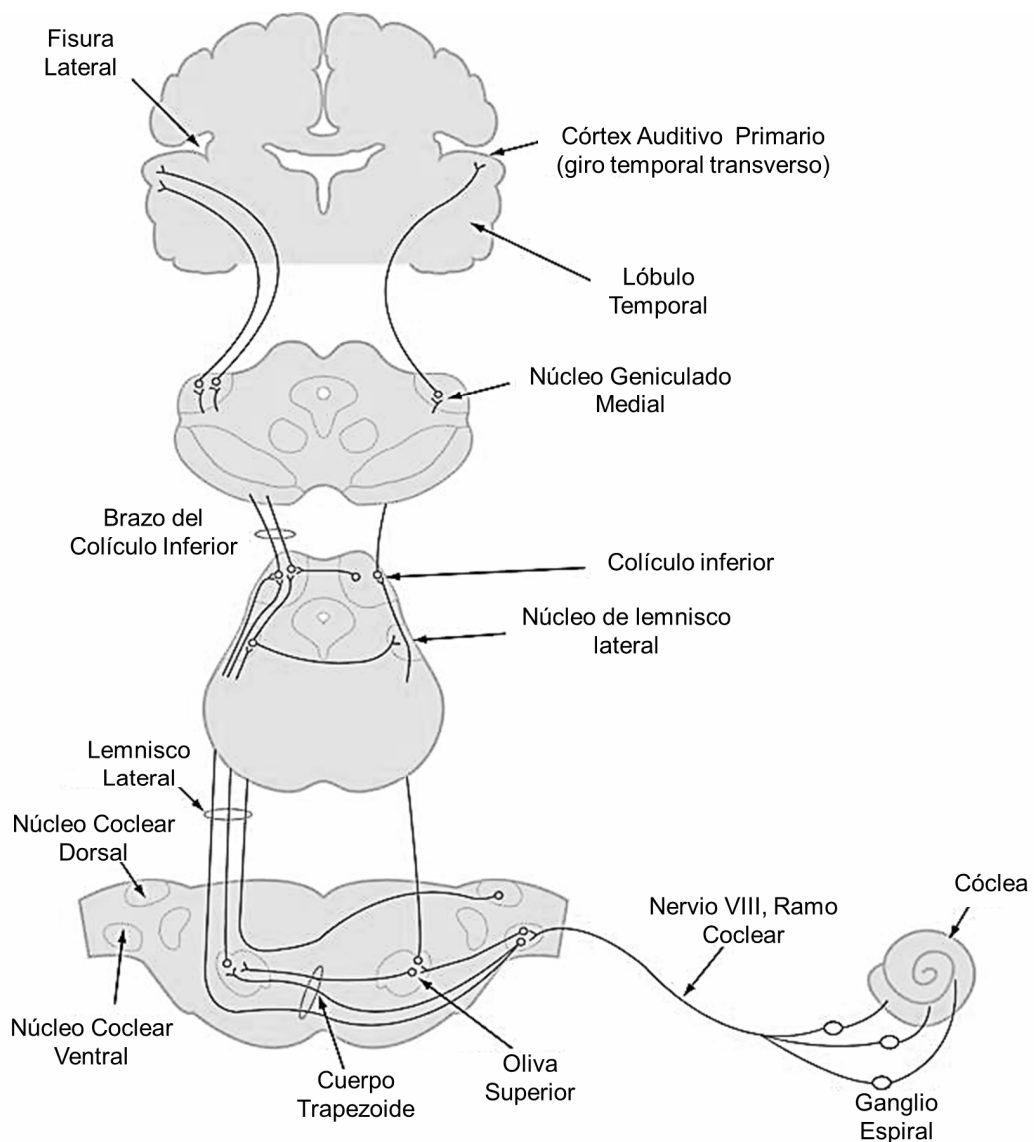


Fig. 3. Vía auditiva ascendente. Las neuronas postsinápticas de núcleos cocleares mandan sus axones a otros núcleos cerebrales a través de 3 tractos: la estría acústica dorsal, la estría acústica intermedia y el cuerpo trapezoide. La primera interacción biaural ocurre en el núcleo de la oliva inferior el cual recibe las aferencias vía cuerpo trapezoide. En particular, las divisiones medial y lateral del núcleo olivar superior están involucradas en la localización de los sonidos en el espacio; axones postsinápticos del núcleo olivar superior, junto con los axones de los núcleos cocleares, proyectan al colículo inferior a través del lemnisco lateral. Cada lemnisco lateral contiene los axones de entrada de ambos oídos. Las células del colículo envían sus axones hacia el núcleo geniculado medial del tálamo. Los axones del geniculado medial terminan en la corteza auditiva primaria (áreas de Brodman 41 y 42), una parte de la circunvolución temporal superior. (Adaptado de Brodal 1981.)

La vía descendente o refleja, es paralela a la anterior, va a procesar y a transmitir la información que desde la corteza llegará al receptor auditivo. Estas conexiones permiten la continua modulación que las estructuras más rostrales ejercen sobre los primeros escalones de la vía, e incluso sobre el propio receptor sensorial. Esta modulación tiene por objeto, entre otras cosas, la importante función de filtrar los sonidos no relevantes y afinar la percepción de aquéllos más relevantes (Clascá, 2006).

La modulación descendente se lleva a cabo a tres niveles. 1) La corteza cerebral proyecta abundante y topográficamente al geniculado medial y al colículo inferior. La proyección al geniculado medial procede fundamentalmente de la capa VI cortical, en tanto que la que se dirige al colículo procede solo de la capa V. 2) A partir del colículo inferior y a través del lemnisco lateral alcanzado los núcleos periolivares ipsilaterales y los núcleos cocleares contralaterales (Clascá, 2006) y 3. Desde la oliva inferior y a través de haz olivo coclear extiende la modulación central hasta el propio receptor coclear, las fibras de este haz tienen un doble origen: unas de carácter mielínico, se originan en grandes neuronas de la porción medial del núcleo periolivar, por lo que se conoce a éstos axones como haz olivococlear medial. La mayoría de esos axones cruzan la línea media. El otro componente del haz lo constituyen los axones amielínicos de las neuronas de la oliva superior que forman en el haz olivococlear lateral, que es fundamentalmente ipsilateral o "directo". (Clascá, 2006).

3.2.2.2 Corteza auditiva: Aspectos anatómicos y fisiológicos.

En los seres humanos la corteza auditiva es localizada en el plano superior de la circunvolución temporal superior. En ella se perciben y discriminan patrones de sonidos, y a partir de ella se establecen asociaciones e integraciones con otras regiones cerebrales implicadas en funciones cognitivas, afectivas y de memoria (Gallardo, 2003).

Se han reportado especializaciones en la corteza auditiva de uno y otro hemisferio: el lóbulo temporal izquierdo en el lenguaje y el derecho en la funciones musicales (Portellano, 1992). Independiente de este aspecto existen dos cortezas auditivas bien definidas ya mencionadas anteriormente: la primaria la cual recibe proyecciones del NGM del tálamo y la secundaria

alimentada por aferencias de la corteza primaria y proyecciones de las áreas de asociación talámica adyacentes al NGM, mencionado anteriormente como cinturón auditivo (Montilla, 1999).

Anatomía

Como ya se mencionó anteriormente la corteza auditiva está formada por la corteza auditiva primaria y la secundaria. La corteza auditiva primaria “A1” humana se sitúa en la primera circunvolución transversa de Heschl o giro temporal transversal de Heschl situado en el lóbulo temporal dentro de la fisura lateral (opérculo temporal del surco lateral de Silvio) también llamado plano supratemporal “PST”, y corresponde a las áreas 41 y 42 de Brodman (Montilla, 1999; Kandel et al, 2000; Afifi y Bergman, 2006).

La A1 está rodeada por una región vecina de carácter asociativo “unimodal” situada en el giro temporal superior “GTS” más conocido como “Giro de Heschl”, incluida la porción posterior del piso de la fisura de Silvio, así este conjunto constituye la corteza auditiva secundaria A2 o área 22 de Brodman (Figura 4) (Montilla, 1999). A1 está conectada también con la corteza auditiva del hemisferio contralateral, la corteza somestésica primaria, los campos frontales del ojo, el área de Broca del lenguaje en el lóbulo frontal y como ya se mencionó anteriormente al núcleo geniculado medial del que también recibe fibras a través de la cápsula interna (Afifi y Bergman, 2006). A2 está conectada a través de la comisura anterior con la corteza prefrontal y por la vía del cuerpo caloso con las cortezas prefrontal, promotora, parietal y del cíngulo (Afifi y Bergman, 2006).

Las conexiones asociativas de las áreas auditivas con otras regiones del cerebro son básicamente tres: corteza prefrontal, regiones multimodulares y sistema límbico (Montilla, 1999).

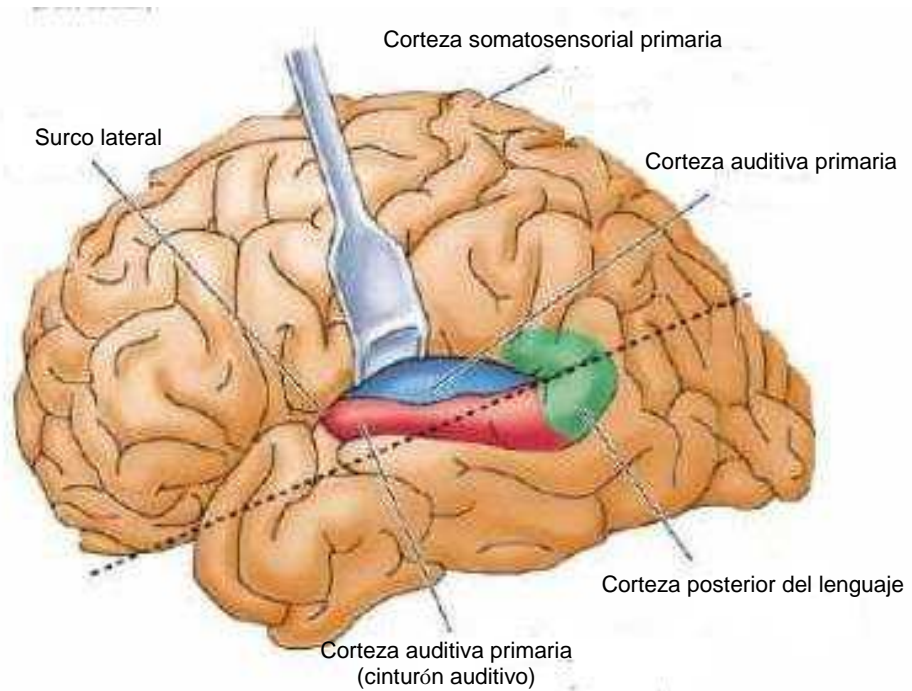


Figura 4. Vista lateral cerebral en donde se ilustra la localización de la corteza auditiva primaria y secundaria (Imagen adaptada del Netter, 1989).

Fisiología.

Las aportaciones clínicas, los estudios de lesión, ablación y estimulación, el registro de potenciales evocados y más recientemente las técnicas de imagen, especialmente la magnetoencefalografía (MEG) y la Tomografía por emisión de positrones (TEP), han proporcionado conocimiento relativo al desarrollo de las funciones de la corteza y del papel que tiene cada hemisferio. Las áreas A1 y A2 realizan de forma diferenciada cuatro funciones primordiales: a) percepción de la frecuencia e intensidad del sonido; b) discriminación e identificación de patrones sonoros; c) integración de la audición con otras modalidades sensoriales y funciones superiores del sistema nervioso central “SNC” y d) localización del sonido (Montilla, 1999).

a) Percepción de la frecuencia e intensidad del sonido.

La corteza auditiva primaria destaca principalmente por su representación tonotópica de las diferentes frecuencias; las neuronas sintonizadas con frecuencias bajas se encuentran en el extremo rostral del área, mientras que la región caudal corresponde a las células sensibles a frecuencias altas. (Montilla, 1999; Alcaraz, 2001; Kandel et al., 2000).

La habilidad de los organismos vivos para detectar cambios en la intensidad de los estímulos es de gran importancia biológica, ya que contribuye a la captación de la naturaleza, proximidad o lejanía de la fuente sonora, es decir a la localización del sonido en la audición binaural (Montilla, 1999).

b) Discriminación de patrones sonoros

La extirpación bilateral completa de la corteza auditiva no anula absolutamente la audición, pero sí compromete gravemente la capacidad de discriminar patrones de sonidos secuenciales y tonales. También se pierde de modo irreversible la capacidad de aprendizaje ligado a respuestas auditivas. Al extirpar sólo una de las dos cortezas primarias quedando intacto el cuerpo calloso no se producen alteraciones graves de la audición, pero sí se afecta la capacidad de localizar el origen del sonido (Montilla, 1999).

Las lesiones que comprometen a una u otra área de asociación no perturban en gran manera la capacidad de discriminación de patrones sonoros, sobre todo si son sencillos, pero sí se altera la capacidad para interpretar el significado del sonido oído (Montilla, 1999)

Las lesiones bilaterales de A2 provocan incapacidad para reconocer los sonidos conocidos como agnosias auditivas, en presencia de audición alerta e inteligencia normales. La desconexión de A2 (AB 22) de A1 (AB 41 y 42) provocan un trastorno conocido como sordera pura a las palabras, caracterizado por mala comprensión del lenguaje y mala repetición, con comprensión intacta del lenguaje escrito (Afifi y Bergman, 2006).

b) Integración con otras áreas corticales

La corteza auditiva establece relaciones con otras áreas corticales, como el área de Wernicke (Áreas 22, 39 y 40 de Brodman), situada en la parte posterosuperior del lóbulo temporal y catalogada como área interpretativa, pues en ella confluyen informaciones provenientes de los sistemas somestésico, visual y auditivo. Las conexiones con la corteza frontal relacionan la audición con las funciones intelectuales superiores, fundamentalmente con la elaboración de pensamientos secuenciales y predictivos, mientras que por medio del sistema límbico, y la corteza prefrontal, las áreas auditivas quedan relacionadas e integradas con los mundos de memoria, emociones y vivencias (Ardila, 1983; Ardila y Roselli, 2007). (Montilla, 1999)

d) Localización del sonido

En términos generales, la manera en que el Sistema Nervioso Central localiza el sonido es mediante la comparación entre las señales que recibe de uno y otro receptor coclear. Esto se lleva a cabo de dos formas. Por una parte, la distancia entre ambos orificios auditivos externos hace que según la posición de la fuente del sonido respecto a la cabeza del sujeto, la señal llegue antes y con una diferencia de fase, a uno u otro oído. Esta diferencia es evaluada por el sistema nervioso en los sonidos de baja frecuencia. A altas frecuencias, el Sistema Nervioso puede utilizar otra diferencia en la señal de ambos oídos: la distinta intensidad causada tanto por la interposición de la masa de la cabeza en el camino de la onda hasta el oído más lejano de la fuente sonora, como por la forma del pabellón auricular. Las vías especializadas en este tipo de computación presentan una característica anatómica: la presencia de numerosas vías comisurales que permiten la comparación continua entre las señales procedentes de ambos oídos a todos los niveles de la vía (Goldstein, 1999; Alcaraz, 2001; Cascá, 2006), excepto en el núcleo geniculado medial “NGM” el cual no presenta interacción bilateral (Alcaraz, 2001). Por lo tanto, la localización del sonido comienza desde los núcleos cocleares hacia la oliva inferior, así también como el colículo inferior en su parte cortical. Es importante destacar que el análisis a nivel cortical, no se realiza en base a sonidos aislados, al contrario está dirigido a lograr una adecuada integración temporal, la cual parte de la conducta de localización de estímulos sonoros y que es integrada desde niveles subcorticales (regiones cocleares, olivares, coliculares) y de la conducta de discriminación de frecuencias, la cual también ocurre tempranamente en diversos niveles de la vía auditiva, y en donde intervienen un gran número de procesos tanto de secuenciación temporal como de interacción de estructuras receptoras y centrales (Alcaraz, 2001).

3.3 Estructuras cerebrales que participan en el reconocimiento prosódico emocional y la música

Hay evidencia abundante al respecto de que tanto la PE como la música comparten dominancia hemisférica derecha (Arias-Gómez, 2007; Bharucha et al., 2006; Trehub, 2001; Altenmüller, 2002; Peretz et al., 1993; Peretz et al., 2003; Peretz y Hyde, 2003; Baumgartner, 2006; Overy et al., 2004) como ya se

ha mencionado en apartados anteriores, sin embargo ambos son estímulos sumamente complejos y es necesaria la interacción de ambos hemisferios.

A este respecto, estudios realizados con fMRI, PET, EEG han arrojado evidencias de que la PE y la música comparten estructuras cerebrales para su procesamiento, a nivel cortical regiones temporales (STS, GTS, TS, TM), frontales (inferior y orbitofrontal), parietales y a nivel subcortical la amígdala, hipocampo, los ganglios basales, el cíngulo anterior, la ínsula y el precuneus (Peretz y Hyde, 2003; Patel et al., 1998; Wilgruber et al., 2005; Koelsh, 2003). A continuación se describirá brevemente algunas de estas regiones.

2.3.1 Amígdala

Los núcleos amigdalinos es un grupo heterogéneo en cuanto citoarquitectura, quimioarquitectura y conexiones forma parte del sistema límbico y están situados en los lóbulos temporales, debajo de la corteza del uncus y rostrales en relación con el hipocampo y el cuerno inferior del ventrículo lateral (Ver figura 5). Existen dos grupos principales de estos núcleos: el córticomedial-central y el basolateral. El primero es pequeño y filogenéticamente antiguo conserva conexiones con las regiones antiguas del Sistema Nervioso Central, como el bulbo olfatorio, el hipotálamo y el tallo cerebral. El basolateral es más grande y reciente desde el punto de vista filogenético y tiene conexiones extensas con la corteza cerebral (Afifi y Bergman, 2006) y una abundante entrada sensorial el cual procede de dos fuentes: (1) Los núcleos sensoriales del tálamo y las áreas sensoriales primarias del córtex. En muchos tipos de emoción en particular en el miedo las proyecciones del tálamo a la amígdala son especialmente importantes y la información así mediada es más rápida que la entrada sensorial proveniente del córtex (Figura 6). Así, esta entrada directa al tálamo puede mediar las respuestas emocionales primitivas, de corta latencia, y preparar a la amígdala para recibir información más sofisticada sobre la representación cognitiva de la emoción procedente de centros superiores, tales como el córtex prefrontal ventromedial, tanto la eferencia a la amígdala como la aferencia es desencadenada por la actividad de efectores autónomos, vuelve a las estructuras corticales para dar lugar a una experiencia emocional consciente. Como resultado, la proyección del tálamo a la amígdala hace posible que una

representación sensorial primitiva active rápidamente a la amígdala, activación que puede ser crucial en situaciones de peligro (Kandel et al., 2000).

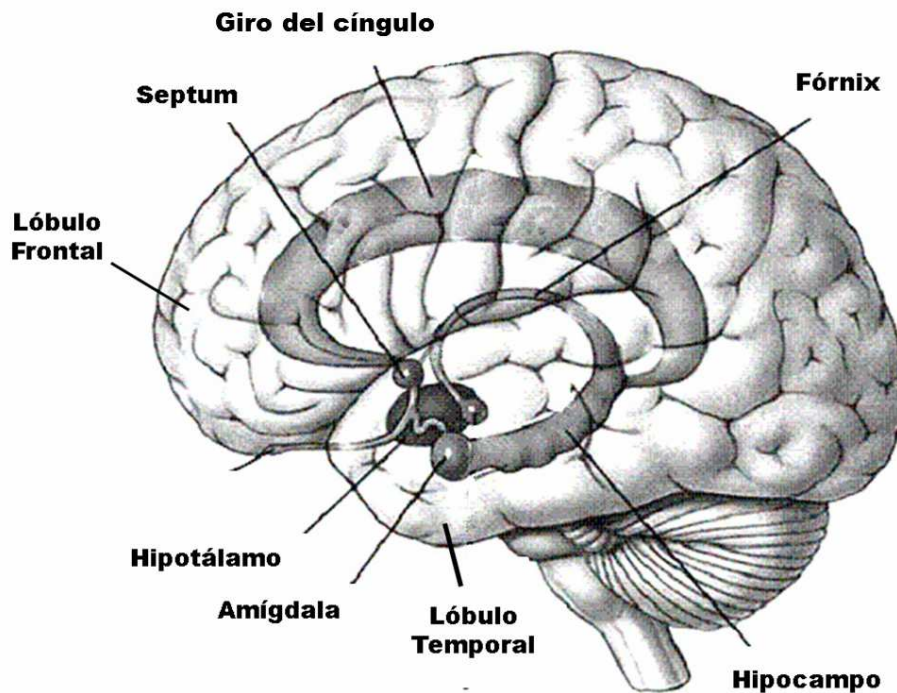


Figura 5. Vista medial sagital del cerebro que muestra algunas estructuras del sistema límbico. (Imagen tomada con modificaciones de la pagina <http://www.tsbvi.edu>)

La amígdala está involucrada en la detección, el reconocimiento, la generación y el mantenimiento de emociones como el miedo, ira y disgusto (Morris et al., 1998; Phan et al., 2004) y alegría (Torras et al., 2001; Ramos-Loyo, 2002). Sin embargo, se ha vinculado más con el reconocimiento de emociones negativas, como es el caso del miedo y el enojo. A este respecto son los clásicos experimentos de condicionamiento clásico aversivo descritos por Ledoux y colaboradores, en donde la amígdala juega un papel importante en el circuito que regula el miedo donde un estímulo no significativo adquiere propiedades emocionales cuando ocurre temporalmente asociado con un estímulo de relevancia biológica, de esta manera un choque eléctrico en las patas de una rata que se presenta apareado con un sonido determinado y después de un tiempo, la rata presentará una reacción del miedo ante la presencia del sonido, incluso en ausencia del choque (Kandel et al., 2000; Ramos-Loyo, 2002).

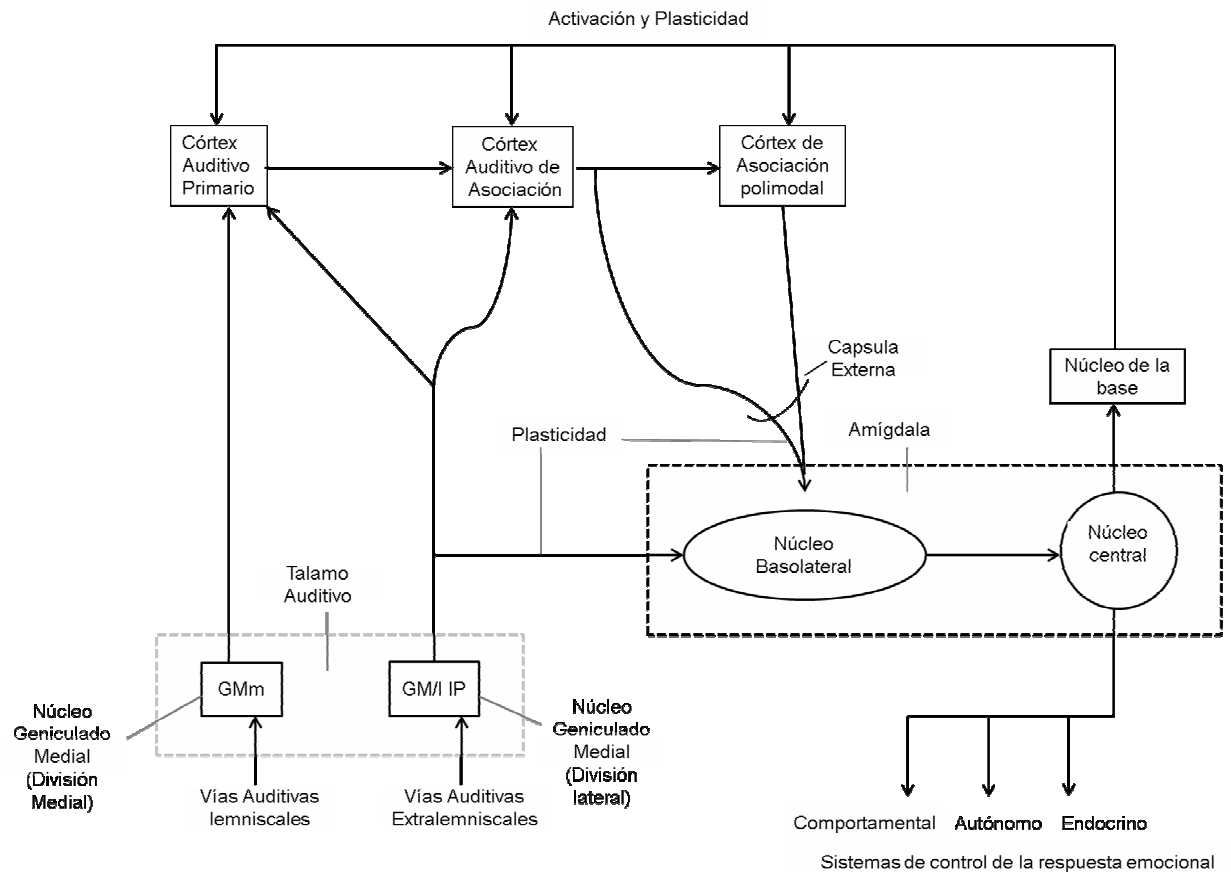


Figura 6. Vías auditivas implicadas en el procesamiento de la información emocional (Esquema adaptado de Kandel et al., 1997).

Las lesiones de la amígdala o la infusión local de fármacos que reducen la ansiedad, no sólo bloquean las respuestas aprendidas (como el condicionamiento clásico al miedo) sino también las innatas, por ejemplo, las ablaciones reducen marcadamente la emotividad en ratas feroces es decir, también es decisiva para el miedo incondicionado o innato. De hecho, estas lesiones también bloquean la memoria de los estímulos sensoriales emocionales significativos (Kandel et al., 2000). Pacientes cuya lesión es principalmente en la amígdala presentan alteraciones semejantes a las de las ratas relacionadas al condicionamiento al miedo, existiendo una pérdida de las asociaciones entre los estímulos sensoriales, las emociones y los cambios viscerales. También se ha observado que, otra respuesta emocional en que participa la amígdala es la agresión, por ejemplo, se ha observado que la lesión de esta región en monos dominantes, los hace perder su jerarquía. Si el núcleo basolateral es estimulado se produce agresión, mientras que su lesión la reduce (Mega et al.1997, citado en Ramos-Loyo, 2002). Afifi y Bergman, (2006)

reporta que la estimulación en este mismo núcleo se acompaña de miedo y huida; y la del núcleo córticomedial genera una reacción defensiva y agresiva, mientras que la lesión del núcleo córticomedial provoca afagia, así como disminución del tono emocional, miedo, tristeza y agresión; la lesión del núcleo basolateral, hiperfagia, felicidad y reacciones agradables. En este sentido, la amígdala es también mediadora de las reacciones emocionales apetitivas; así, cuando un estímulo neutral discriminativo por ejemplo un sonido, se empareja con un estímulo reforzante, por ejemplo, el sonido llega a asociarse tanto con los atributos gratificantes del alimento (como lo es su sabor) como con los atributos no gratificantes en sí mismos (aspecto visual). Las lesiones del complejo basolateral dejan intacta la asociación entre el sonido y los aspectos no gratificantes del alimento, pero suprime la asociación del sonido con los atributos gratificantes (el gusto) del alimento. Esto es congruente con el síndrome de Klüver-Bucy, donde los animales con lesiones en la amígdala se llevan frecuentemente objetos no comestibles (no gratificantes) a la boca (Kandel et al., 2000). Además, la integridad de la amígdala es necesaria para el condicionamiento de un organismo al ambiente (o entorno) en el que vive (condicionamiento de lugar). La supervivencia de un organismo depende de las conductas que elevan al máximo el contacto con ambientes biológicamente seguros y reducen al mínimo el contacto con ambientes peligrosos. Muchos de estos peligros pueden modificarse con la experiencia. Las preferencias positivas de lugar pueden condicionarse al alimento o a la pareja sexual, y también a los efectos de fármacos tales como los estimulantes (Kandel et al., 1997).

La maduración de la amígdala se ha relacionado con cambios ocasionados por la organización y activación de las hormonas, a este respecto presenta un dimorfismo sexual: es mayor en los hombres que en las mujeres (Joseph, 1996; Halpern 2000; Cahill, 2003 y 2006). La amígdala contiene la densidad más alta de receptores a hormonas sexuales, la estimulación de esta se acompaña de una diversidad de conductas sexuales que incluyen erección eyaculación, movimientos copulatorios y ovulación, las lesiones bilaterales de la amígdala producen hipersexualidad y conducta sexual perversa (Afifi y Bergman, 2006). Se ha encontrado una participación preferencial de la amígdala izquierda en la memoria de material emocional (imágenes visuales)

en las mujeres y una participación preferencial de la amígdala derecha en los hombres. También se comprobó la misma lateralización utilizando MRI en la respuesta a caras felices o temerosas en hombres y mujeres. En estudios con PET se demostró una mayor actividad de la amígdala con otras regiones cerebrales en la región izquierda en las mujeres y derecha en los hombres en el procesamiento de expresiones faciales emocionales. La misma lateralización se observa en estado de actividad por estimulación emocional (para una revisión ver Cahill, 2006).

Killgore et al. (2001) en fMRI comparando niños y adolescentes encontró la activación de la amígdala izquierda cuando observaban imágenes faciales de miedo. Los niños hombres y mujeres y los hombres adolescentes presentaron una fuerte activación de la amígdala, mientras que esto no sucedió en las mujeres adolescentes; es decir, la activación en la amígdala decrece en la adolescencia sólo en las mujeres. Además, las mujeres muestran un incremento progresivo de la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral, que no se observa en los hombres. Los autores concluyen que, los hallazgos encontrados apoyan un modelo de desarrollo en el cual, la maduración cerebral está asociada con un mayor control sobre la conducta emocional vía corteza prefrontal la cual modula las respuestas límbicas, y que además, este circuito afectivo y la conducta emocional que de él depende, quizás esté influenciado por factores de desarrollo específicos del sexo.

Mitchell (2007) en sus estudios realizados con jóvenes de 18 a 24 años, encontraron que existe una doble disociación relacionada con el género, en donde la amígdala izquierda correlacionó positivamente con la corteza temporal inferior anterior bilateral en los varones y en las mujeres con el giro angular derecho en tareas de memoria implícita con material emocional. Cabe señalar que ambas cortezas: temporal inferior anterior y los giros angulares están involucrados en varios aspectos de la memoria como son la formación, mantenimiento y recuperación (Wagner et al., 2003; Mecklinger et al., 2002).

Como se mencionó anteriormente por Sander et al. (2005), Wildgruber et al. (2005), Ethofer et al. (2006), Wiethoff et al., (2008) y Wildgruber et al. (2008) la amígdala está implicada en el reconocimiento prosódico emocional tanto implícito como explícito, mientras que pocos estudios de lesión sugieren que no es determinante para el reconocimiento prosódico emocional (Adolphs et al.,

2002; Scott et al., 1997). Scott et al. (1997) menciona que sólo se afectó el reconocimiento de miedo, enojo y tristeza cuando la lesión de la amígdala se extiende a los ganglios basales.

Algunos autores encontraron que la amígdala se activa principalmente ante emociones prosódicas de miedo (Morris et al., 1998; Sander et al., 2005; Bach et al., 2008) y enojo (Grandjean et al., 2005; Bach et al., 2008, Sander et al., 2005). Sander et al. (2005) también señalan que la amígdala derecha se activa ante estímulos de enojo, independientemente de la atención selectiva al oído al que es presentado el estímulo en experimentos de escucha dicótica, mientras que Johnstone et al. (2006) observó que ésta se activa ante voces de enojo y alegría independientemente del foco de atención a estímulos faciales o voz, observándose una activación mayor para el enojo.

En el caso de estímulos musicales se ha observado actividad en la amígdala al escuchar música desagradable o disonante (Koelsch, 2006; Baumgartner, 2006). En estudios realizados por Gosselin et al. (2005, 2007) se ha identificado que la amígdala desempeña un papel crucial en el reconocimiento de la música de miedo.

3.3.2 Ganglios basales

Estos constituyen un grupo de núcleos interconectados que se encuentran en las regiones centrales de los hemisferios cerebrales. Rodean parcialmente el tálamo, están limitados por la corteza cerebral y la materia blanca cerebral, participan en funciones motoras y no motoras, incluidas la cognición y la emoción (Afifi y Bergman, 2006). Anatómicamente, los núcleos que lo conforman son: caudado, putamen, globo pálido, núcleos accumbens septi y tubérculo olfatorio, funcionalmente la sustancia negra y el núcleo subtalámico están incluidos en los ganglios basales (Ver figura 7).

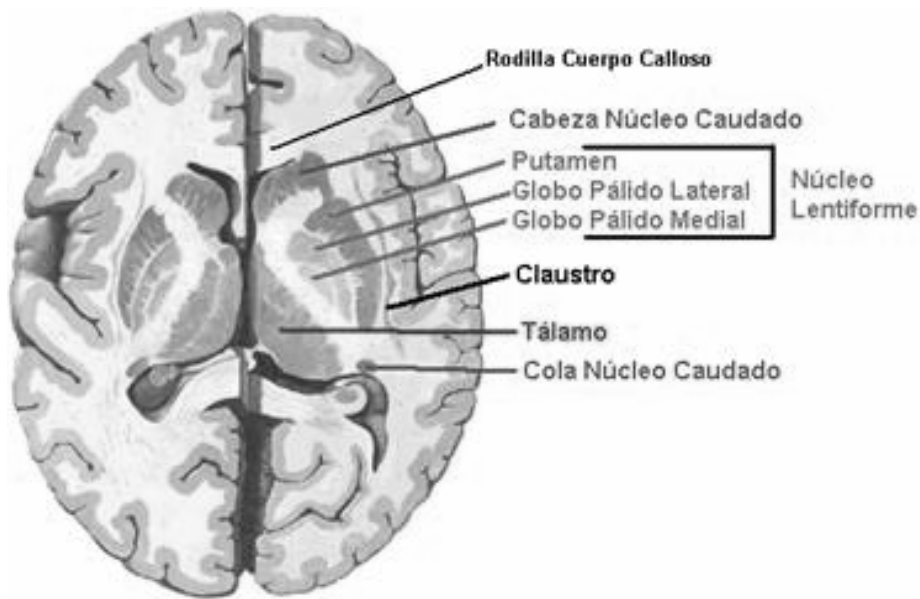


Figura 7. Corte axial del cerebro que muestra las principales estructuras de los ganglios basales (Imagen adaptada del Netter, 1989).

El caudado, putamen y núcleo accumbens son denominados colectivamente cuerpo estriado el cual es diferenciado en estriado dorsal y estriado ventral, el primero formado por el putamen y cuerpo del caudado y el segundo por la cabeza del caudado y el núcleo accumbens. El estriado recibe aferencias del sistema límbico y de la corteza cerebral (Lieberman 2000; Afifi y Bergman, 2006). En general, los ganglios basales forman parte de 5 circuitos: el circuito motor (área motora, área promotora, corteza somatosensorial, globo pálido y sustancia negra reticulada y tálamo); circuito límbico (corteza cingulada anterior, amígdala, hipocampo, entre otros) relacionado al cambio de atención; circuito dorsolateral prefrontal (corteza prefrontal dorsolateral, área promotora, corteza parietal posterior caudado dosolateral) el cual está implicado en la memoria de trabajo; circuito orbitofrontal (corteza orbitofrontal, cíngulo anterior y caudado ventromedial), el cuál tiene un papel importante en la emoción y procesos de inhibición; circuito oculomotor (campo frontal de los ojos, corteza prefrontal dorsolateral, corteza parietal posterior y cuerpo del caudado), que controla los movimientos sacádicos (para una revisión ver Lieberman 2000).

Algunos estudios (Peretz, 2001; Adolphs et al., 2002; Breiteinstein et al., 2001; Kotz, 2003; Pell et al., 2003), tanto de neuroimagen con sujeto sanos como estudios clínicos de sujetos con Parkinson y corea de Huntington, han

revelado la participación de los ganglios basales en el reconocimiento prosódico emocional, particularmente para las emociones de enojo (Scott et al., 1997; Adolphs y Tranel 1999; Bach et al., 2008). Bach et al. (2008) reportó una activación bilateral en una tarea con instrucción explícita y donde compararon prosodia de enojo contra neutra. En pacientes con Parkinson, Rymarczyk y Grabowska (2007) reportan que la entonación de miedo provocó una ligera activación en comparación con alegría y enojo. En el reconocimiento musical, Pehuene et al. (1998) y Parsons (2006) reportan que la percepción del ritmo ocasionó la activación de los ganglios basales, mientras que Koelsch et al., (2005) y Baumgartner (2006) también reportan la activación del estriado ventral al escuchar música agradable.

Los ganglios basales juegan un papel clave en el procesamiento temporal (Lieberman, 2000; Jones et al., 2008) en el rango de milisegundos y segundos (Jones et al., 2008). Se ha vinculado la función de los ganglios basales en el aprendizaje de patrones temporales predictivos de eventos relevantes, independientemente de la intención consciente de aprender la relación predictora y su recompensa (Lieberman 2000).

La habilidad de aprender el orden temporal de elementos conductuales (por ejemplo, A, B, C) es central para la producción de conducta adaptable en donde las regiones estriadas juegan distintos papeles en la adquisición del orden serial. En modelos animales se ha observado que el estriado dorso-lateral, también llamado estriado sensoriomotor, al ser lesionado provoca déficit en la adquisición de orden serial (Yin, 2010).

3.3.3 Ínsula

La ínsula es parte de la corteza cerebral, aun cuando se encuentre inmersa en el lóbulo temporal (Ardila, 2006). Se ha considerado a la amígdala y la corteza insular como estructuras integrales para el procesamiento de estímulos emocionales sobresalientes (Arce et al., 2008).

Se ha observado la participación de la ínsula en tareas de reconocimiento prosódico emocional (Peretz, 2001; Adolphs et al., 2002; Morris et al., 1998), particularmente la ínsula izquierda en las voces emocionales de alegría y enojo, con mayor activación ante la alegría (Johnstone et al., 2006), independientemente de que la atención sea enfocada ante estímulos verbales

o faciales. En cuanto a las tareas de discriminación musical, se ha observado la activación en la ínsula superior al escuchar música agradable (Koelsch et al., 2005; Baumgartner, 2006). Menon y Levitin (2005) encontraron también la activación de la ínsula al escuchar música activa. Hallazgos recientes indican la importancia de la corteza insular en la percepción interoceptiva de estados emocionales y como estructura que tiene un papel central como mediadora del deseo compulsivo de consumir drogas experimentado por los adictos durante la abstinencia (Contreras et al., 2008). Se ha propuesto que el dominio posterior de la corteza insular constituye una región de primer orden de procesamiento de información interoceptiva ascendente, y la región anterior es una zona de integración de alto orden jerárquico viscerosensorial vinculada a la aparición consciente de los estados corporales (Contreras et al., 2008).

3.3.4. Giro del cíngulo

Se halla compuesto por 4 centros funcionales: a) el efector visceral, es el núcleo más anterior del cíngulo y se traslapa con la sección medial de la corteza orbitofrontal; b) el efector cognitivo; c) el efector esquelomotor y; d) las regiones de procesamiento sensorial.

La corteza del cíngulo se divide en 2 partes en cuanto a su función una posterior caracterizada como “región evaluativa”, y la región anterior caracterizada como ejecutiva. En esta última, la información cognitiva y la información emocional es procesada separadamente. Estas 2 subdivisiones presentan distintas funciones, la división dorsal cognitiva (ACCd) y la división rostral-ventral afectiva (Vog et al. 1992; Devinsky et al., 1995).

La parte anterior rostral-ventral de la corteza del cíngulo está involucrada en la evaluación de la información emocional y motivacional y, en la regulación de las respuestas emocionales. Esta región se activa durante la realización de tareas emocionales en sujetos normales, y las regiones dorsales del cíngulo también han sido involucradas en los estados de alegría, atención al propio estado emocional y especialmente, a interacciones sociales que involucran la evaluación de emociones y estados mentales, tanto de uno mismo como de otros (Ramos-Loyo, 2002).

La corteza del cíngulo es otra estructura neural que madura lentamente (Bush et al., 2000; Sowell et al 2003), en los trabajos iniciales de Coner (1939),

citado en Bush et al., (2000) se mencionaba un extensivo desarrollo en la conectividad de la corteza cingulada que se extendía desde la infancia hasta la juventud. En estudios de neuroimagen realizados por Casey et al. (1997a) con sujetos de 5 a 16 años se encontró una fuerte correlación entre el volumen de la corteza cingulada anterior derecha y el desempeño de una tarea go/no go, que requiere la inhibición de una respuesta preferente. En otro estudio con sujetos de 7 a 12 años vs adultos, con el mismo paradigma, el control inhibitorio activó la corteza prefrontal en ambos, niños y adultos, y el número de falsas alarmas en esta condición correlacionó significativamente con una extensa activación del cíngulo, lo que se ha relacionado con la detección del error (Casey et al., 1997b).

Posner y Rothbart (1998) y Harman et al. (1997) han especulado sobre hallazgos conductuales en infantes y niños y la maduración de la corteza del cíngulo anterior (ACC). Señalan que durante la temprana infancia los signos de diestrés (incluyendo el llanto) pueden ser bloqueados temporalmente por la orientación de la atención a objetos de su interés. Otras evidencias indican cambios en el desarrollo de esta estructura relacionada con la habilidad de control del conflicto en la tarea de Stroop adaptado para niños (Gertadt et al., 1994).

En estudios con potenciales relacionados a eventos (PREs) se ha observado un potencial denominado negatividad relacionada a errores (ERN), la cual aparece más notoriamente en la corteza prefrontal medial, con mayor amplitud cuando el sujeto comete un error en su respuesta, especialmente cuando está más motivado para realizar una buena ejecución, también la corteza del cíngulo responde, más que la corteza somatosensorial, a los aspectos afectivos del dolor y, su lesión lleva a un estado de apatía, en donde los pacientes se vuelven aquinéticos y enmudecen (Ramos-Loyo, 2002). (Ver figura 5).

3.3.5. Corteza Prefrontal

El lóbulo frontal está directamente involucrado en procesos cognitivos, motivacionales y emocionales que subyacen y dirigen conductas complejas, además representa el área más grande de los hemisferios cerebrales, con

aproximadamente el 30% del córtex cerebral (Groenewegen y Uyykungs, 2000). Se ha dividido en 3 regiones principales: la corteza orbitofrontal (también llamada prefrontal ventral) comprende las áreas de Brodman 10-15, 25 y 47 (Tekin y Cummings, 2002). Esta región que recibe información de las áreas sensoriales y límbicas; la porción dorsolateral que incluye las AB 8-12, 46 y 47 (Tekin y Cummings, 2002). Esta área recibe información del lóbulo parietal que participa en la memoria de trabajo, la planeación y secuenciación de la conducta y, en el procesamiento espacial, así como en la flexibilidad para cambiar de respuesta dependiendo de los cambios en las contingencias ambientales (Pandya e Yeterian, 1998, citado en Ramos-Loyo, 2002); y finalmente la región medial (campo frontal de los ojos) comprende las AB 9-13, 24 y 32, además incluye la corteza anterior del cíngulo y está involucrada en motivación, atención y emoción (Tekin y Cummings, 2002) (Figura 8).

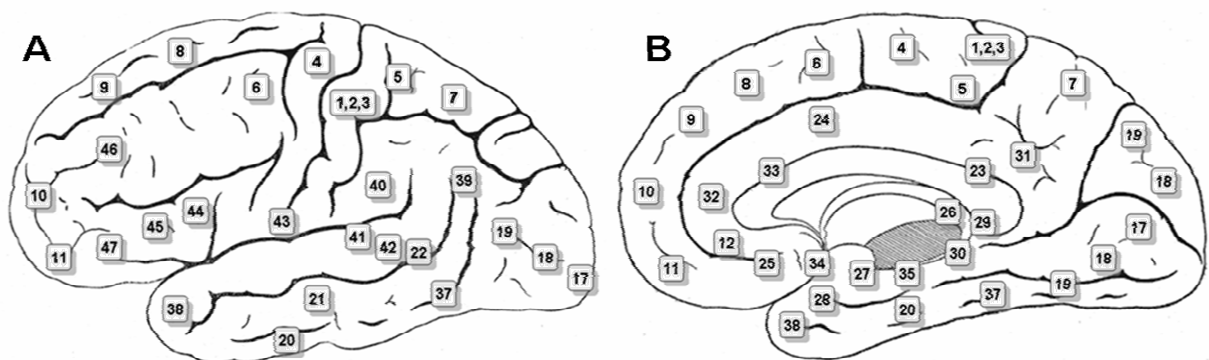


Figura 8. Localización de las áreas de Brodman que conforman la corteza prefrontal. A) Superficie lateral de un hemisferio cerebral B) Superficie media de un hemisferio cerebral. La corteza prefrontal está formada por: la corteza orbitofrontal (AB 10-15, 25 y 47), la corteza frontolateral (AB 8-12, 46 y 47) y la región medial "campo frontal de los ojos" (AB 9-13, 24 y 32). (Imagen tomada de www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/102076).

La corteza prefrontal ventromedial tiene un papel predominante en la regulación de las emociones, ésta recibe información de prácticamente todas las demás regiones de la corteza prefrontal y de estructuras límbicas, como la ínsula, el giro parahipocámpico, la amígdala, las áreas temporales polar, superior e inferior y a su vez, envía proyecciones a la amígdala, la corteza

entorrinal, la corteza del cíngulo, el hipotálamo lateral, el área tegmental ventral y el núcleo caudado (Ramos-Loyo, 2002). Buchanan et al. (2005) refirieron que la corteza frontal medial derecha (particularmente el GFM post-D (AB 9) se activó ante el reconocimiento de la tristeza cuando se comparó con una palabra neutra, mientras que Wildgruber et al., (2002) reportó la activación de GFM derecho (BA 9/46) al atender la entonación emocional. Parsons (2006) por su parte, reporta la activación de la corteza frontal medial en la discriminación del ritmo y tempo.

La corteza orbitofrontal se encuentra relacionada con la representación de los aspectos afectivos de los estímulos sensoriales. En tareas que implican el reconocer la entonación emocional se ha observado participación de la corteza orbitofrontal medial donde contribuye al procesamiento de información relevante emocionalmente, aun cuando no se pida un juicio emocional. Más aun el patrón de activación observado en la orbitofrontal parece indicar que esta área contribuye a la inhibición de información distractora potencialmente de fuentes sin atender (Wildgruber et al., 2008). También se ha reportado su participación para las voces dichas en emoción de tristeza (Honrak et al., 2003; Sander et al., 2005), miedo (Sander et al., 2005; Buchanan et al., 2000) y enojo (Honrak et al., 2003) y en general, en sonidos displacenteros (Honrak et al., 2003; Sander et al., 2005); mientras que se ha observado su activación al escuchar música (Menon y Levitin, 2005) y su decremento ante música poco placentera (Peretz et al., 1998).

De manera general, se reporta activación bilateral de los lóbulos frontales principalmente inferiores, como estructura clave en el juicio emocional prosódico (Wildgruber et al., 2006, 2008), con mayor activación al hemisferio derecho lateral, y particularmente para las emociones de alegría y tristeza con una ligera activación ante la voz de enojo (Buchanana et al., 2000; Johnstone et al, 2006). Griffinths (1999) reporta la participación del los lóbulos frontales inferiores posteriores bilaterales en la discriminación del tono melódico.

Maess et al. (2001) encontraron que la corteza fronto-lateral inferior genera una negatividad temprana positiva relacionada con la violación de la sintaxis musical. Zatorre, (1994) reporta la participación general de la corteza frontal derecha en tareas de escucha pasiva de melodías no familiares en comparaciones de tono y mantenimiento activo del tono. Rymarczy y

Grabowska, (2007) reportan la participación de la corteza frontal ante la entonación vocal de alegría, mientras que Bach et al (2008) reportó la participación de la corteza prefrontal dorsolateral en el procesamiento explícito sólo ante las entonaciones de miedo y enojo.

Ramos-Loyo, (2002) menciona que una de las funciones primordiales de la corteza prefrontal es la integración y la regulación de la emoción. Esta regulación es posible a través de sus efectos inhibitorios sobre el sistema límbico y, a través de vías que van al núcleo caudado y la corteza premotora prefrontal, modulando así la conducta.

El desarrollo de las áreas prefrontales es lo que marca la diferencia fundamental entre el cerebro del hombre y los primates. Ontogenéticamente, estas áreas son las que tardan más tiempo en llegar a su madurez, alcanzándose alrededor de los 18 años (Ramos-Loyo, 2002), también se ha reportado que incluso se extiende hasta la tercer década de vida (Fuster, 2002; Sowell et al., 2001 y 2003), y al parecer su maduración está relacionada a factores de desarrollo relacionados con el sexo (Killgore et al., 2001; Giedd et al., 1999; Lenroot et al., 2008). Así también, la región orbitofrontal presenta un dimorfismo sexual, exhibiendo mayor extensión en las mujeres (Joseph, 1996).

3.3.6 Lóbulo Temporal

Los lóbulos temporales participan en un gran número de funciones. Las áreas superiores, anterior-medial y anterior-inferior son preferentemente auditivas, participando en forma sustancial en las funciones del lenguaje; las áreas mediales por su parte, son áreas multifuncionales visuales y auditivas, la parte medial está más involucrada en el funcionamiento auditivo, mientras que la medial posterior tiene que ver con el procesamiento y recuerdo de los más altos niveles de la información visual; el lóbulo temporal inferior puede responder a estímulos auditivos y visuales emocionalmente significativos (Ramos-Loyo, 2002).

El giro temporal medial (GTM) se conoce que está involucrado en el procesamiento de estímulos auditivos complejos incluyendo música, lenguaje y prosodia (Ethofer 2006a), particularmente del hemisferio derecho (HD) (Buchanan et al 2000; Belin, 2000; Mitchell et al 2003; Wildgruber et al 2002; Sander et al., 2005; Ethofer et al., 2006a; Grandjean et al., 2005). De manera

semejante, la discriminación de cambios melódicos generó una activación del GTM del HD (BA 21) (Mitchell et al 2003; Parsons, 2006). Johnstone et al., (2006) refieren la activación del GTM, GTM anterior y posterior y GTM izquierdo ante emociones, particularmente de la alegría y también una ligera activación ante voces de enojo.

En numerosos estudios se ha observado la activación del STS derecho en la evaluación de la prosodia (Buchanan et al 2000; Belin, 2000; Mitchell et al 2003; Wildgruber et al 2002; Sander et al., 2005; Ethofer et al., 2006ab; Grandjean et al., 2005). Bach et al. (2008) observaron una activación del STS izquierdo en el procesamiento implícito al escuchar una oración semánticamente neutra con entonación de miedo y enojo y Patel et al. (1997) reportaron la activación de esta misma área en el reconocimiento de tonos familiares, mientras que hay estudios realizados en modelos animales y humanos que mencionan que el lóbulo temporal tiene una maduración lenta (Sowell et al., 2001ab; Sowell et al., 2003; Sowell et al., 2004; Gotay et al., 2004) que al parecer en una primera etapa está determinada por la organización posnatal de las hormonas sexuales (Ramos-Loyo, 2002), y quizás posteriormente por su activación al iniciar la pubertad (Killgore et al., 2001). También se ha encontrado que ante una tarea de categorización de caras con expresión de enojo y disgusto se activan áreas temporales en adultos jóvenes mientras que en los adultos mayores se activan áreas frontales (Iidaka et al., 2002; Gunning-Dixon et al 2003; Grady et al., 2005) (Ver figura 9).

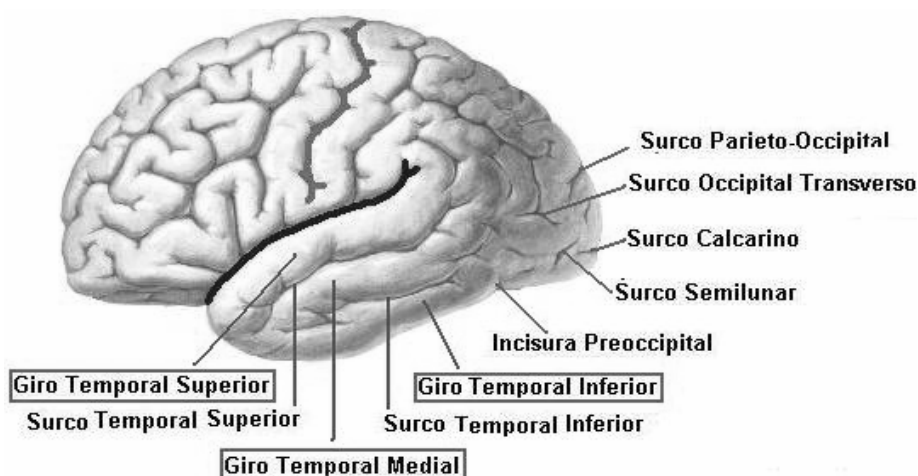


Figura 9. Vista lateral del cerebro que muestra las principales regiones que forman el lóbulo temporal. (Imagen tomada de <http://www.med.ufro.cl>)

3.3.8 Corteza Parietal.

Estructuras parietales como el precuneus están involucradas tanto en el reconocimiento de prosodia emocional como en el musical; en el caso de la prosodia se activó de manera bilateral en el reconocimiento de las emociones de enojo y miedo en oraciones semánticamente neutras y con una instrucción explícita, y en el caso de la música, Patel (1997) reportó una activación en el precuneus izquierdo ante cambios de tono en melodías familiares. Por otro lado, Peretz et al., (1998) reporta activación de esta área al escuchar música displacentera, mientras que en una tarea implícita se activan áreas parietales bilaterales pero con mayor activación al hemisferio derecho (Bach et al., 2008) (Ver figura 10).

Thompson et al. (2000) han reportado cambios madurativos en la corteza parietal hacia la niñez tardía y la adolescencia se han caracterizado por un incremento de la MG hacia los 7 años seguido por un posterior decremento conforme avanza la edad para los lóbulos parietales, con una pérdida de MG a edades tempranas particularmente, en los lóbulos parietales. En este sentido, Sowell (2003) refiere la declinación no lineal de la MG de corteza parietal de asociación en su superficie lateral e interhemisférica con la edad y más rápida entre los 7 y 60 años; respecto a la mielinización, Sowell, (2001ab, 2003) menciona que los patrones de maduración temporal y espacial son lineales y continúan mielinizando hacia la edad adulta. En contraste, la región cortical parietal dorsal que subyace a funciones sensoriales y perceptuales se desarrollan tempranamente en la infancia (Sowell et al., 1999b).

Tanto en los lóbulos parietales como frontales, los patrones temporales y espaciales de maduración son no lineales (Sowell et al., 2001ab; Sowell., 2003).

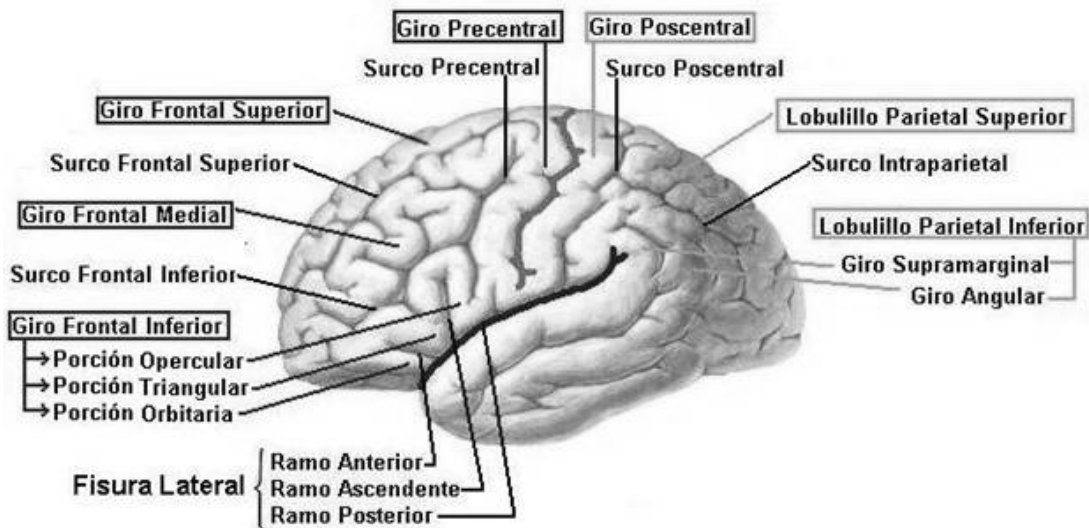


Figura 10. Vista lateral del cerebro que muestra las principales regiones que forman el lóbulo parietal. (Imagen tomada de <http://www.med.ufro.cl>)

3.4. Relación del desarrollo ontogénico del reconocimiento prosódico emocional y la música.

En el ser humano, las habilidades musicales juegan un papel clave filogenéticamente para la evolución de lenguaje, y marca la conducta que incluye funciones evolutivas como la comunicación, la coordinación grupal y la cohesión social (Zatorre y Peretz, 2001; Morley, 2003; Ramos-Loyo, 2008).

También se asume que en la ontogenia los infantes en sus primeros pasos dentro del lenguaje son basados en la información prosódica y que la comunicación musical en su infancia temprana (canto maternal) juega un rol principal para el desarrollo emocional, cognitivo y social (Trehub, 2003; Pound y Harrison, 2002). Particularmente, el canto vincula el lenguaje con la música, en las canciones la melodía está altamente estructurada tanto en el tono como en la dimensión temporal y estas habilidades emergen espontáneamente y precozmente durante el desarrollo (Dalla et al., 2007). En este sentido Trehub (2000) menciona que la sensibilidad y la preferencia infantil hacia los sonidos del lenguaje están vinculados con rasgos musicales del habla: los bebés son sensibles a los cambios de tono, a los contornos melódicos y timbres de las vocalizaciones parietales, así como a sus atributos rítmicos como se mencionó anteriormente.

Además, el habla de los padres es musicalmente transformada o moldeada, ya que al dirigirse a sus bebés remarcan el pulso, retardan el tiempo del habla, hacen pausas más largas y hablan más rítmicamente con frases bien segmentadas (Pound y Harrinson, 2002; Español, 2006). También, a pesar de que el habla tiene un contenido semántico simple y poca elaboración sintáctica, presenta rasgos poéticos, como una métrica repetitiva regular (en el uso de palabras cortas de una o dos sílabas), una organización de las emisiones en línea de una duración semejante a la que caracteriza al verso (3 o 4 segundos), la repetición de estrofas, así como aliteraciones y asonancias (Dissanayake y Miall, 2003).

Otro rasgo sobresaliente del habla dirigida a los bebés son las variaciones dinámicas de los contornos melódicos: los adultos tienden a usar un conjunto de cinco o seis prototipos melódicos que varían incrementando o disminuyendo la excitación, usan melodías ascendentes para llamar la atención del bebé o para darle turno en un diálogo y contornos descendentes ante la sobre excitación del niño o para finalizar un diálogo, y contornos bidireccionales en forma extendida prevalecen cuando quieren reforzar o aprobar alguna acción; al revés, los contornos bidireccionales se tornan más breves cuando desean poner fin a una conducta (Papousek, 1996 citado en Español, 2006). De esta manera, la variación del sonido del lenguaje regula el estado emocional y conductual del niño.

A través de la música y la prosodia emocional los adultos atraen a los bebés en su cultura, mediante la captación de la atención del bebé que pasa gradualmente de la percepción sensorial a un proceso cognitivo a través de un aprendizaje implícito dado por la interacción constante fomentándose el desarrollo del lenguaje, la expresión y comunicación de sentimientos y emociones (Pound y Harrison, 2002).

3.5 Música, prosodia emocional y desarrollo del lenguaje

En estudios realizados por Koelsch y Friderici, (2003) han encontrado que las habilidades musicales de los niños se corresponden con lo observado en los elementos musicales del habla, los cuales tienen un importante rol en la adquisición del lenguaje, lo cual apoya la hipótesis de que la música y lenguaje están íntimamente conectados en infancia temprana y los elementos musicales

pavimentan el camino para las capacidades lingüísticas tempranas de los elementos fonéticos, y los aspectos melódicos en el habla del adulto les permite a los infantes tener asociaciones tempranas entre los patrones de sonido y el significado, así como también entre los patrones de sonido y la estructura sintáctica. Estos investigadores encontraron en estudios electrofisiológicos una negatividad anterior temprana “ERAN” en el hemisferio derecho en niños de cinco años, la cual hace referencia a la detección de cambios que violan en la sintaxis o armonía musical, mientras que el procesamiento firme y automático de la violación sintáctica en el lenguaje es reflejada en el ERAN (área homóloga en el hemisferio izquierdo) el cual fue observado alrededor de los 9 y 10 años de edad. En consecuencia, el rápido y automático procesamiento del análisis estructural durante la comprensión de la información auditiva basada en una compleja regularidad (reflejada anteriormente en negatividad) parece ser empleada antes para la información musical que para la información lingüística. Esto parece mostrar que los niños no aprenden el lenguaje antes que la música (semejante a nivel de la prosodia) jugando un rol crucial en el infante, ya que éste tiene una asociación temprana de los patrones de sonidos y estructura sintáctica, y en consecuencia para la adquisición del lenguaje.

3.6 La música y lenguaje comparten elementos y reglas

La música y lenguaje involucran un pequeño número de elementos y sus combinaciones (notas y fonemas), confiriendo reglas (como es teoría musical y la gramática) que permite la generación ilimitada de frase u oraciones significativas (Anvari et al., 2002).

Todo sonido verbal y no verbal, es procesado a través del análisis de patrones acústicos simples -intensidad, frecuencia, inicio-, patrones acústicos complejos (como patrones de estos patrones simples en función del tiempo) y patrones semánticos -asociaciones aprendidas de patrones de sonidos y significados- (Griffiths, 2001).

Por ejemplo, el lenguaje verbal se compone de una serie de eventos en el tiempo con un ritmo e información segmental “fonemas” y suprasegmental “prosodia” (Ramos-Loyo, 2008); así, los fonemas son percibidos en sus elementos, por ejemplo un fonema en el lenguaje se reconoce a partir de

cambios en la duración, intensidad, timbre y tono del habla y dentro de un contexto lingüístico, (Dowling y Harwood, 1986 citado en Anvari et al., 2002). De manera similar la prosodia referida como un aspecto musical del lenguaje incluye melodía “entonación” y ritmo “énfasis y compás” (Thompson et al., 2004). En lo que respecta a la música, una melodía es retenida con idénticos cambios en el tiempo, intensidad, timbre y a nivel de tono a lo largo de los intervalos entre tonos sucesivos (Dowling y Harwood, 1986 citado en Anvari et al., 2002) y la armonía patrones de tono, métrica y fraseo.

Ambos, el lenguaje y la música, son sistemas basados en reglas compuestas de elementos básicos (fonemas y palabras, y notas y acordes, respectivamente) que se combinan en estructuras de orden superior (oraciones y tópicos, y frases y temas musicales, respectivamente) a través de reglas de sintaxis y armonía (Ramos-Loyo, 2008).

En estudios con MEG con el objetivo de conocer como es procesada la sintaxis musical mediante la utilización de acordes napolitanos se observa que al detectar la violación de la sintaxis musical presenta un efecto temprano tomado como el equivalente magnético del ERAN denominada mERAN. La fuente de la actividad mERAN fue localizada en el área de Broca y su homólogo del hemisferio derecho, involucradas en el análisis sintáctico en la comprensión del lenguaje auditivo y por lo visto, son también responsables de un análisis de secuencias armónicas, lo que indica que estas regiones procesan la información sintáctica y que es menos específica del lenguaje como anteriormente se creía (Maes et al., 2001).

3.7 Prosodia emocional y música también comparten procesos cognitivos y emocionales

El escuchar una melodía musical o una expresión verbal requiere de procesos de percepción, atención, decodificación y memoria que permitan su identificación y comprensión y por lo tanto, de circuitos cerebrales subyacentes (Ramos-Loyo, 2008). La percepción y evaluación tanto prosódica como de un fragmento musical es un proceso complejo dependiente de múltiples señales provenientes del estímulo, es decir la naturaleza del estímulo (frecuencia, intensidad, duración, ritmo), además, las señales particulares que la persona

receptora puede usar para interpretarlo, como hacer uso de su recuerdos “memoria”, tomando en cuenta las demandas de la tarea, por ejemplo, al realizar un juicio de la emoción de un estímulo prosódico se ha reportado que involucra la participación de una amplia red en la que destaca la participación de la corteza prefrontal de ambos hemisferios (Adolphs et al., 2002).

La mayoría de los estudios con tareas en que evalúan el desempeño de los sujetos respecto aspectos del lenguaje y la música describen la participación de un circuito frontal derecho en la retención y comprensión de frases melódicas (lingüísticas y musicales) (Patel et al., 1998; Zatorre et al., 1992; Friderici et al., 2000b, Koelsch y Friderici, 2003, Koelsch et al., 2003, Koelsch et al., 2005).

3.8 La prosodia emocional y la música comparten la función de comunicar emociones

La prosodia emocional y la música representan una forma de comunicación mediante señales acústicas compartiendo patrones acústicos semejantes para la expresión de la emoción (Buchanan et al., 2000; Peretz et al., 2003) como son variaciones en el tono, el ritmo y la intensidad.

Las emociones son expresadas en la música y la prosodia a través de variaciones de: ritmo, amplitud, tono, timbre y tensión “acentuación” (Scherer 1995, Juslin y Laukka, 2003).

Una frase dicha en emoción de alegría, se ha asociado con un tiempo rápido, un tono alto, una larga gama de tonos y calidad de voz viva o vibrante. Una frase dicha en emoción de tristeza, se ha asociado con un tiempo lento, un tono bajo, una estrecha gama de tonos y calidad de voz delicada o suave.

Una frase dicha en emoción de enojo, se ha asociado con un tiempo rápido, un tono alto, una amplia gama de tonos y contorno tonal elevado. Una frase dicha en emoción de miedo, se ha asociado con un tiempo rápido, un tono bajo, una larga variabilidad de tonos y variada intensidad (Scherer, 1986).

En la dinámica global de las estructuras prosódicas del habla emocional, la estructura acústica que caracteriza una emoción sólo se manifiesta completa y con total claridad en algunos de los grupos fónicos del discurso, así mismo se ha comprobado que mientras que el contorno entonativo y de intensidad característicos de la emoción pueden mostrarse sólo en algunos grupos

fónicos, la estructura rítmica asociada a un estado emocional tiende a manifestarse a lo largo de la totalidad del discurso (Rodríguez et al., 1999).

Las explicaciones de porque la música evoca respuestas emocionales argumentan que la música involucra un gran número de patrones dinámicos (movimiento y descanso, tensión y relajación, agrado y desagrado, cambios repentinos o sorpresivos), los cuales inherentemente está relacionados a la emoción (Thompson 2004). La emoción es inherente a la experiencia musical (Gosselin et al., 2007), por ejemplo experiencias musicales intensamente placenteras son frecuentemente acompañadas por la sensación de escalofríos donde participan circuitos neurales que se encuentran involucrados en la recompensa (Blood y Zatorre, 2001; Menon y Levitin, 2005) o conductas apetitivas como comer chocolate (Small et al., 2001). Sin embargo, el poder de la música de comprometer redes neurales importantes para la sobrevivencia no se limita al circuito de recompensa, también constituye una señal significativa altamente eficiente que advierte del peligro, como se ha ilustrado ampliamente en películas y videos (Gosselin et al., 2007).

En estudios en pacientes epilépticos con una resección unilateral temporal antero medial que incluye a la amígdala se reportó una incapacidad selectiva para reconocer la música de miedo, no así la alegría y la triste independientemente de si la resección fue presentada al HD o HI (Gosselin et al., 2005). En estudios recientes realizados con una paciente "S.M." la cual presentó un problema de calcificación focal en las estructuras amigdalinas se observó una incapacidad selectiva para reconocer la música de miedo, no así la alegría, también se reportó ligeramente afectado el reconocimiento música tranquila y triste (Gosselin et al., 2007). Cabe mencionar que en ambos estudios la incapacidad es exclusiva en cuanto al aspecto emocional ya que al evaluar por separado la percepción del modo y el tiempo no se presentaron dificultades en su reconocimiento.

La violación de la expectación musical ha sido considerada como un aspecto importante en la generación de emociones al escuchar música (Krumhansl, 1997), en relación a lo anterior la percepción de los acordes irregulares se ha demostrado que conduce a un aumento de la tensión que se percibe (Bigand et al, 1996) y la percepción de la tensión se ha relacionado con la experiencia emocional durante la escucha de música (Krumhansl, 1997).

Por ejemplo, en los estudios realizados por Gosselin et al. (2005) la inducción de miedo a través de la música se determina por la estructura interna de ésta (por ejemplo, irregularidad, disonancia) y en cierta medida la manera en que fue manejado (por ejemplo, el tiempo).

Además, como se mencionó en párrafos anteriores hay estructuras que participan tanto en el reconocimiento prosódico emocional como en el musical como son la amígdala, la ínsula, los ganglios basales, los lóbulos temporales, parietales y frontales, mismas que también que se han relacionado con el procesamiento emocional.

3.9 El reconocimiento prosódico emocional y la música se han sido correlacionados en personas con educación musical.

Finalmente, hay evidencias de que personas que reciben educación musical tienen mejor desempeño en tareas de reconocimiento prosódico.

Los sujetos que reciben educación musical tienen mejor desempeño en tareas de reconocimiento prosódico (Thompson et al., 2003, 2004; Schön et al., 2004; Magne, et al., 2006; Patel e Iversen, 2007; Wong et al., 2007).

Thompson et al. (2004) muestran que las lecciones de música mejoran la habilidad para decodificar las emociones que transporta la PE tanto en niños como en adultos. En el caso de los niños, se hizo la evaluación para ver el desempeño de niños de 7 años después de haber recibido un año de entrenamiento en diferentes áreas como a) clases de teclado, b) clases de drama y c) clases de canto así como un grupo control sin ningún entrenamiento, al comparar el desempeño en el reconocimiento de oraciones prosódicas de alegría, enojo, miedo y tristeza hechas en la lengua natal “Inglés” y extranjera tonal “Tagalog” con contenido semántico neutro así también en tonos de secuencias que imitan el tono emocional de la PE. Los resultados destacan que para todos los grupos la identificación de alegría y tristeza fue más fácil que la de enojo y miedo, y fue más fácil en Inglés que en Tagalog y las oraciones que las secuencias de tonos. Respecto a los resultados entre grupos se observó que los niños con entrenamiento en teclado se desempeñaron mejor, de manera semejante los de clases de drama (entre estos 2 grupos no hubo diferencias significativas), a estos le siguieron los de canto y al último los que no recibieron ningún tipo de entrenamiento. El grupo

con entrenamiento con teclado presentó diferencias significativas con el grupo de canto y fue significativamente mejor que el grupo sin entrenamiento y no difirió del grupo de drama. El grupo de drama superó al grupo sin entrenamiento.

Thompson et al. (2003) refieren que la pericia musical requiere la habilidad para expresar información emocional a través de las variaciones de intensidad, el ritmo y entonación y esta habilidad parece ser reflejada en mayor habilidad para extraer e interpretar el significado emocional del habla.

En otro estudio Schön et al. (2004) mencionan que los músicos tienen mayor habilidad para detectar modulaciones finas del tono o frecuencia fundamental tanto en música como en el lenguaje, por lo tanto la formación musical, mediante el refinamiento en una red donde se procesa la frecuencia, facilita la detección de los cambios de tono no sólo en la música también en el lenguaje.

En el estudio realizado por Wong et al., (2007), sugiere que la experiencia para detectar el tono musical actúa sobre mecanismos sensoriales auditivos básicos los cuales influyen en el procesamiento del lenguaje. Esto es aun cuando existan módulos separados para el lenguaje y la música el nivel de divergencia se puede situar más allá del análisis acústico inicial y se extiende a la formación de recuerdos y asociaciones del sonido, en concreto, la experiencia de la percepción y el aprendizaje de una categoría de sonidos (música) puede influir en/o facilitar tal vez la percepción y aprendizaje de otra categoría de sonidos (habla). Sugiriendo que la experiencia musical influencia el procesamiento del lenguaje a un nivel subcortical.

Por su parte, Patel e Iversen (2007) mencionan que el entrenamiento musical mejora el desempeño en habilidades prosódicas y fonéticas, lo cual aún permanece sin esclarecerse.

Además, se sabe que existe un desarrollo de las habilidades prosódicas y musicales íntimamente conectadas entre sí en la infancia temprana y que los elementos musicales favorecen el desarrollo de los elementos fonéticos de lenguaje.

Lo anterior, sugiere la existencia de un desarrollo interdependiente del reconocimiento de los elementos de la música y de la prosodia emocional en niños.

3.10 Modelo Neuropsicológico para el lenguaje y la música.

Un modelo que muestra esta relación entre la prosodia y música es el propuesto por Besouw, Howard y Ternström (2005) (adaptado de Peretz y Coltheart, 2003) (figura 11).

Modelo neuropsicológico para el lenguaje y la música

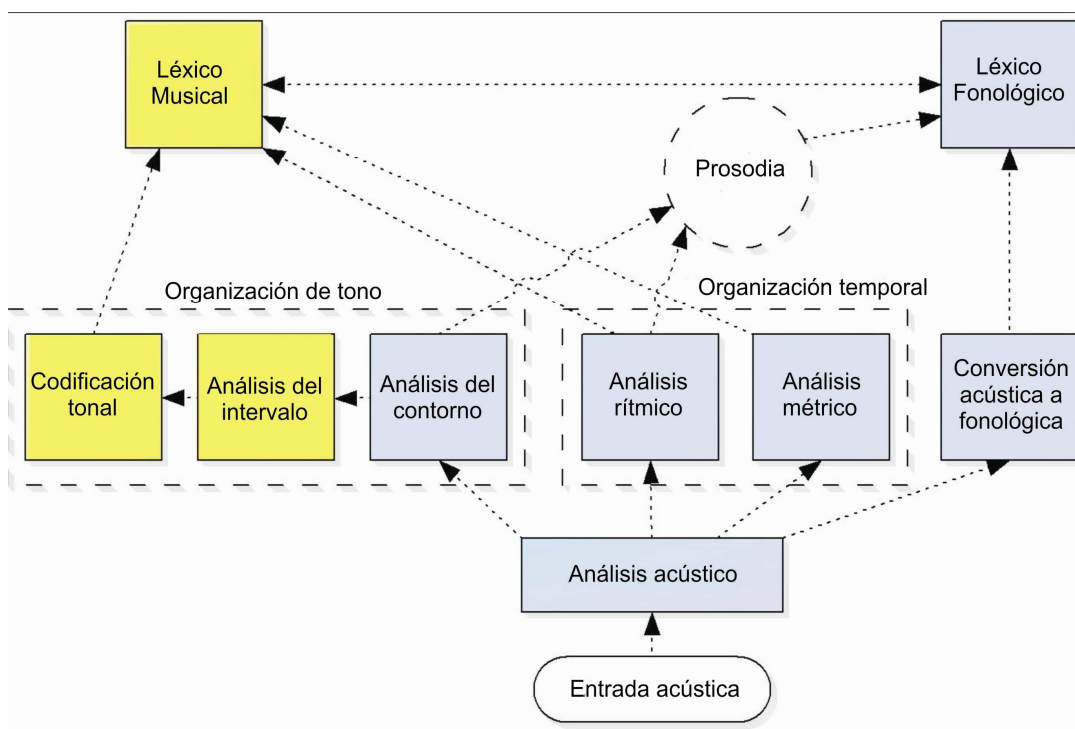


Figura 11. Modelo neuropsicológico para el procesamiento de la música y el lenguaje Besouw, Howard & Ternström (2005). Los cuadros amarillos representan los módulos específicos para la música, los azules para el lenguaje, mientras que el reconocimiento prosódico involucra módulos de ambos.

El modelo propuesto por Peretz et al. en el 2003a (fig 1) implica que a la música y el lenguaje subyacen diferentes vías para su análisis cuya vía de ingreso es separada aun sin interconexión léxica, una adaptación de este modelo fue propuesta por Besouw et al., (2005) en un paradigma para encontrar la relación entre el canto y la voz, argumentando que el canto es el único estímulo que necesita la percepción del lenguaje y la música. La discriminación del habla y el canto está implícito en la discriminación del lenguaje y la música, pero en si también se observa una división entre el habla y el canto, incluso la voz en el canto puede ser agrupada como otro instrumento musical, los límites ente el lenguaje y el canto aún está sin esclarecer (Besouw et al., 2005)

El canto está formado en su unidad por fonemas y prosodia tanto en su aspecto lingüístico como emocional (Besouw et al., 2005). Es interesante destacar como ya se mencionó, que las propiedades más estudiadas durante la adquisición del lenguaje son “Los fonemas y la prosodia es decir la información segmental y suprasegmental”. La manera en que las madres hablan y cantan a sus pequeños representa estos dos elementos.

4. Cambios en el sistema nervioso central durante la infancia.

Durante la infancia el sistema nervioso se halla en pleno proceso de desarrollo y maduración.

El sistema nervioso es el soporte material para el conocimiento, la afectividad y la conducta (Poch, 2001; Barnea-Goraly et al., 2005). En las primeras etapas lo que domina es la estructura recibida, pero posteriormente, mas pronto de lo que pensamos, el aprendizaje va a modificar este complejo sistema: el cerebro es un procesador de información "in vivo" que se modifica y se remoldea a partir de los programas genéticos y de las aferencias experienciales; en donde por lo menos tres fuerzas están trabajando constantemente: la maduración del sistema nervioso, la competencia del niño desde su periodo fetal y la interacción con el ambiente (Poch, 2001).

El desarrollo del sistema nervioso es secuencial y se rige por principios claros y definidos, resultado de la interacción del ambiente y eventos genéticos programados (Ardila y Rosselli, 2007). Reconociéndose dos primeros momentos, uno es la neurogénesis en donde se lleva a cabo la formación de manera precisa y secuenciada de cada una de las partes que conforman el sistema nervioso, el segundo comprende la maduración (Rosselli et al, 2010).

El proceso de maduración depende de la organización y diferenciación celular caracterizados por el crecimiento axonal y dendrítico, la sinaptogénesis, la muerte axonal, muerte celular y la mielinización. Este proceso termina iniciada la adultez con la culminación del proceso de mielinización axonal (Kolb y Fantie, 1989 citado en Rosselli, Matute y Ardila, 2010).

El proceso de maduración sigue un eje vertical, iniciándose en las estructuras subcorticales y continuando en las estructuras corticales, dentro de la corteza mantiene una dirección horizontal (orden secuencial), la cual inicia o tiene principio en las zonas primarias (áreas de proyección) y prosiguiendo a las regiones corticales de asociación (áreas de asociación) (García-Molina, 2009; Rosselli et al, 2010) (Ver figura 12). Esta última organización implica cambios progresivos dentro del mismo hemisferio cerebral (maduración intrahemisférica) y marca diferencias estructurales y funcionales entre los dos hemisferios cerebrales (maduración interhemisférica). Conforme el cerebro madura cada hemisferio va asociándose con funciones mas especializadas; por ejemplo, el hemisferio izquierdo se va haciendo cada vez más hábil en el reconocimiento de

fonemas; mientras el hemisferio derecho hace lo propio con la representación emocional de los sonidos (la prosodia). Es decir, la especialización hemisférica es una muestra de maduración cerebral. Sin embargo, ya en el nacimiento se observa un grado de especialización en forma de asimetría cerebral funcional, la cual se acentúa con la maduración cerebral posnatal (Rosselli et al., 2010).

Imagen del proceso de maduración

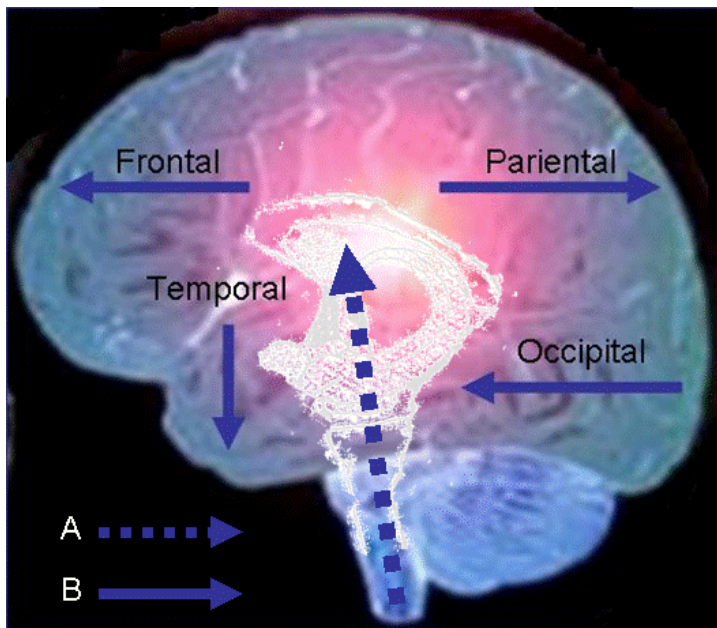


Figura 12. Imagen lateral del cerebro que ilustra los ejes direccionales de la maduración cerebral.

- A. Eje vertical: de las estructuras subcorticales a las corticales
- B. Eje horizontal: de las regiones corticales primarias a las de asociación (Imagen tomada con modificaciones de Roselli et al, 2010)

4.1 Cambios durante la niñez tardía.

Los principales cambios en la niñez tardía (6 a 12 años) van desde una poda o muerte neuronal que comienza desde los 2 años de edad y finaliza a los 16 años (Rains, 2004; Rivkin, 2000 citado en Lerch, 2006), así como el proceso de mielinización el cual comienza desde los 3 meses después de la fecundación y ocurre progresivamente en tiempos diferentes de acuerdo a la región del desarrollo del sistema nervioso (Yakovlev y LeCours, 1967), extendiéndose hasta la adultez (Yakovlev y LeCours, 1967; Benes et al., 1996, citado en Paus et al., 1999; Sowell, et al., 2001ab; Sowell, et al., 2003, Rains, 2004; Whitaker et al., 2008). Las últimas áreas en mielinizarse corresponden a

las regiones frontales (Yakovlev y LeCours, 1967; Giedd et al., 1999; Fuster, 2002; Ramos-Loyo, 2002; Gogtay et al., 2004; García-Molina, 2009; Rosselli et al., 2010). Durante el proceso de maduración desde la infancia a la adultez se observan numerosos cambios cognitivos, conductuales y emocionales (Fuster, 2002; Sowell et al., 2004; Barnea-Goraly et al., 2005).

En varias investigaciones en donde se han estudiado el desarrollo durante la niñez y adolescencia se han manejado términos como materia gris y materia blanca, cabe distinguir entonces que los cambios que se han observado dependen de la cantidad de neuronas incluyendo sus arborizaciones dendríticas y axones, y como se relacionan entre ellas; refiriéndonos a las neuronas o cuerpos neuronales y dendritas como materia gris “MG” y a sus procesos o axones como materia blanca “MB”, esta última estrechamente relacionada con la mielinización, y por consiguiente a las propiedades de la transmisión de impulso nervioso, refiriéndose ha como se comunican las neuronas entre ellas, es importante también señalar que hay axones que no presentan procesos de mielinización por lo tanto no presentan la apariencia blanquecina típica de las vainas de mielina.

De esta manera el decremento de MG es probablemente reflejo de un proceso de poda dendrítica ya que la MG esta en gran parte compuesta de células y dendritas, mientras que el incremento de la MB podría deberse a la mielinización o al incremento de del tamaño de los axones, proliferación glial, o una combinación de estas (De Bellis, et al., 2001). La densidad de la vaina de mielina incrementa el diámetro del axón y mejora la organización y los tractos de materia blanca para mejorar la transducción de la señal y suelen ser factores críticos para el desarrollo cognitivo conductual y emocional (Barnea-Goraly et al., 2005).

4.1.1 Cambios en la materia gris “MG” y en la materia blanca “MB”.

Existen patrones de crecimiento espaciales “regionales” y temporales en cuanto a la MG y MB los cuales son consistentes con cambios madurativos a nivel celular (poda sináptica y mielinización) que ocurren entre la niñez y la adolescencia (Reiss et al., 1996; Giedd et al., 1999; Sowell et al., 1999a; Sowell et al, 2001; Thompson et al., 2000; Sowell, 2004; Barnea-Goraly et al., 2005) y

la edad adulta (Sowell et al., 1999b; Sowell et al., 2001a, Sowell et al, 2003), estos patrones de crecimiento también han sido apoyados por estudios post-mortem (Huttenlocher y DeCorteen, 1987; Yakovlev y LeCours;1967; Benes et al., 1994 citado en Paus et al., 1999), Estos patrones de crecimiento también se han asociados con cambios cognitivos, conductuales y emocionales (Paus et al.,1999; Barnea-Goraly et al., 2005).

Investigaciones realizadas mediante imagen con resonancia magnética funcional (fMRI) han permitido conocer la estructura cerebral in vivo durante la niñez, adolescencia y adultez, en investigaciones realizados por Giedd et al. (1999), Paus et al. (1999), Sowell et al. (1999), Sowell et al. (2001) y Thomson et al. (2000), se reporta que los cambios madurativos hacia la niñez tardía y la adolescencia se han caracterizado por un incremento de la MG hacia los 7 años seguido por un posterior decremento conforme avanza la edad para los lóbulos parietales y frontales, con una pérdida de MG a edades tempranas particularmente en los lóbulos parietales mientras que en los frontales se extiende y se intensifica hacia la joven adultez. Tanto en los lóbulos parietales como frontales, los patrones temporales y espaciales de maduración son no lineales (Sowell et al., 2001; Sowell., 2003).

Es reportado por Paus et al. (1999), un incremento en la densidad de MB en el cuerpo caloso, tracto córtico-espinal y vías fronto-temporales durante la infancia y la adolescencia también Schimirhorst et al. (2002), reportó el incremento de Factor de anisotropía "FA" con la edad en el tracto córtico-espinal, fascículo arcuato izquierdo y fascículo longitudinal inferior derecho, en este mismo sentido Barnea-Goraly et al. (2005), encontró que conforme se incrementaba la edad los valores del "FA" se incrementaban en la corteza prefrontal, en la cápsula interna, los ganglios basales "dentro y entre", las vías talámicas, entre los ganglios basales y el tálamo, la vía visual ventral y el cuerpo caloso*. Por otro lado, Sowell et al., (2003) mencionan que la corteza visual, auditiva, y límbicas se mielinizan tempranamente mostrando un patrón más lineal a través de la edad en comparación con la neocorteza parietal y frontal las cuales continúan mielinizando en la adultez.

Los patrones de maduración en la corteza prefrontal son de particular interés pues estudios neuropsicológicos muestran que esta estructura es esencial en funciones que requieren respuestas de inhibición, regulación

emocional, planeación y organización (Fuster, 2002). Además hallazgos recientes han sugerido una acelerada maduración de la MG y MB en lóbulo frontal durante la adolescencia (Giedd et al., 1999, Sowell et al., 1999a) y en paralelo un incremento efectivo en las funciones ejecutivas, las cuales no están del todo desarrolladas durante esta etapa (Spears, 2000 citado en Sowell et al., 2004), en contraste la región cortical parietal dorsal que subyace funciones sensoriales y perceptuales puede desarrollarse tempranamente en la infancia (Sowell et al., 1999b).

Sowell et al. (2001) evaluaron sujetos de 7 a 30 años observando una correlación negativa entre el crecimiento cerebral y la densidad de MG particularmente en los lóbulos parietales y frontales, es decir, hay crecimiento cerebral en estas regiones pero también se observa una pérdida significativa en la densidad de MG reflejándose en eventos regresivos (poda sináptica). Sin embargo, también se observaron eventos progresivos (mielinización) estos últimos ocurren de manera lineal. Los autores atribuyen estos cambios a un proceso madurativo natural relacionado con cambios hormonales que ocurren durante la pubertad y la adolescencia (Sowell et al., 2001).

Los patrones de maduración destacan regiones próximas de la corteza frontal en donde se observa pérdida y ganancia de MG durante la infancia tardía, la adolescencia y la adultez, cabe destacar que la ganancia de MG no fue significativa estadísticamente ya que se observó un ligero crecimiento regional tardío durante la post adolescencia, no así el decremento de MG, mencionan que la principal o mayor pérdida de materia gris en los lóbulos frontales es en la corteza prefrontal dorsolateral, (CFD) (Sowell, et al., 2001; Sowell et al., 2003), y también reportan que la CFD y la corteza de asociación parietal presentaron una declinación no lineal significativa de MG en su superficie lateral e interhemisférica con la edad, la cual fue más rápida entre los 7 y 60 años (Sowell et al., 2003).

En la corteza temporal, específicamente en la corteza temporal posterior principalmente del HI, se observó un patrón invertido en donde la MG continuó con un ligero aumento hasta aproximadamente los 30 años y posteriormente disminuyó lentamente (Sowell et al., 2002; Sowell et al., 2003). En estudios previos (Sowell et al., 2001b), fue observado un ligero incremento en la región perisilviana izquierda y un crecimiento tardío del lóbulo temporal durante la post

adolescencia. Los autores sugieren en base a la localización anatómica de esta estructura, que los cambios están relacionados con el perfeccionamiento de las habilidades del lenguaje que ocurren en la adolescencia. También reportaron que la maduración de los lóbulos temporales en niños y adolescentes es tardía en comparación con otras regiones corticales (Sowell et al., 2001, 2002, 2003). También mencionan que las habilidades de comprensión del lenguaje son usualmente asociadas con estructuras del lóbulo temporal posterior y son aparentemente menos vulnerables al envejecimiento en comparación con las habilidades de producción del lenguaje (Sowell et al. 2003). Por otra parte, en el lóbulo parietal inferior se presentó un patrón de maduración semejante al del lóbulo temporal posterior (Giedd et al., 1999).

En cuanto a otras estructuras, como la corteza cingulada anterior, mostraron una lenta pérdida de MG, con patrones lineales y menos pronunciados, patrones similares se observaron en la corteza occipital que involucra al surco calcarino (corteza visual primaria) (Sowell et al., 2003). Es de destacar que estas estructuras terminan su proceso de mielinización tempranamente (Yakovlev y LeCours, 1967).

Los estudios citados anteriormente son de tipo transversal, sin embargo sus hallazgos han sido reforzados por estudios de tipo longitudinal realizados durante la infancia tardía, adolescencia y adultez, de los cuáles podemos mencionar los siguientes.

Gotay et al. (2004), en un estudio longitudinal hecho en niños y adolescentes sanos (4 a 21 años) con MRI, encontró de manera general, que el volumen total de materia gris presentó incremento en edades tempranas seguidos por una pérdida substancial hacia la pubertad. Se observó, en la sucesión del tiempo, que el proceso de la pérdida de materia gris comienza primero en la corteza parietal dorsal, particularmente en las áreas sensoriomotoras primarias próximas al margen interhemisférico, y posteriormente, se extiende rostralmente sobre la corteza frontal así como caudal y lateralmente sobre el parietal, occipital y al final la corteza temporal. Los polos frontales y occipitales pierden la materia gris tempranamente, dentro del lóbulo frontal la materia gris madura finalmente involucrando la corteza prefrontal dorsolateral, la cual pierde GM solamente al terminar la adolescencia.

Sowell et al. (2004) también en un estudio longitudinal (5-11 años) en que se investigaron los cambios de la densidad cortical mediante MRI, fue encontrado un crecimiento prominente en la corteza prefrontal así como en el lóbulo temporal y occipital de manera bilateral, y se observó que la densidad de MG se incrementó de manera restringida en las áreas del lenguaje, el frontal izquierdo “área de Broca” y corteza temporo-parietal “área de Wernicke” y en menor proporción en áreas homólogas del HD; mientras que un amplio adelgazamiento de la MG fue observado en el frontal derecho y corteza de asociación parietal y occipital, además, de un adelgazamiento cortical frontal dorsal izquierdo y lóbulo parietal correlacionando con un mejor desempeño en un test general del funcionamiento intelectual verbal.

4.1.2 Diferencias sexuales en la materia gris y materia blanca.

En un estudio longitudinal mediante MRI realizado por Giedd et al. (1999), con 145 sujetos sanos, en un rango de edad de 4 a 21 años, se observaron diferencias sexuales, en donde los volúmenes de MB se incrementaron linealmente con la edad, incrementándose menos en las mujeres que en los hombres; en general el incremento ocurrió de los 4 a 10 años en un 12.4% y no fue específico para alguna área en particular. En contraste, los cambios en los volúmenes de MG fueron no lineales y específicos: en el lóbulo frontal la MG se incremento durante la preadolescencia con un pico máximo a los 12.1 años para los hombres y a los 11 años para las mujeres, seguido de un decremento durante la postadolescencia; la MG del lóbulo parietal siguió patrones similares incrementándose durante la preadolescencia llegando a un pico máximo a la edad de 11.8 años en los hombres y en las mujeres a los 10.2, seguido por un decremento en la postadolescencia; en cuanto al lóbulo temporal también siguió un desarrollo no lineal pero el pico máximo no se alcanzo hasta los 16.5 años para los hombres y 16.7 años para las mujeres con una insignificante declinación después de esta edad; respecto al lóbulo occipital se presentó un incremento lineal por encima del rango de edad sin evidencia de decremento. Las curvas de desarrollo para las diferentes regiones corticales difieren significativamente, siendo más similares en los lóbulos parietal y frontal. El peso absoluto de la MG fue aproximadamente 10% mayor en los hombres y ligeramente mas temprano

en las mujeres, pero no hubo diferencias significativas en las curvas de desarrollo entre hombres y mujeres.

En los lóbulos frontales y parietales el pico de MG fue aproximadamente un año más temprano en las mujeres que en los hombres correspondiendo con la edad en que comienza la pubertad sugiriendo la posible influencia de las hormonas gonadales.

Otro estudio longitudinal reciente usando MRI, realizado por Lenroot et al. (2008) con 387 sujetos sanos en un rango de edad de 3 a 27 años, en forma general se observaron diferencias sexuales entre hombres y mujeres en el desarrollo en relación a la trayectoria del volumen total cerebral, el cual presenta un pico a los 10.5 años en las mujeres y en los hombres a los 14.5 años, respecto a el volumen de materia gris absoluto presenta un pico a los 8.5 años en las mujeres mientras que en los hombres a los 10.5 años, la trayectoria de este, es decir MG cortical y subcortical, sigue una "U" invertida al conformar vías con picos de 1 o 2 años mas tempranamente en las mujeres; mientras que el volumen de MB se incrementa con la edad en ambos sexos, su trayectoria es divergente, en los hombres se incrementa más rápidamente que en las mujeres, estos patrones de MB se mantienen en el lóbulo frontal, parietal, temporal y occipital.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las habilidades para el reconocimiento emocional prosódico y de la música comienzan a edades tempranas y continúan a lo largo de la vida, son innatas y se han observado en diferentes culturas.

El reconocimiento de la prosodia emocional y de la música comparten distintos aspectos:

- ✓ Características físicas del sonido (intensidad, altura y timbre); algunos elementos y sus combinaciones: tono, intervalo, contorno melódico (entonación) y ritmo (patrones de acentuación).
- ✓ Procesamiento sensorial, mediante la vía auditiva y corteza auditiva.
- ✓ Procesamiento cognitivo. Tanto el procesamiento emocional como el musical son estímulos auditivos complejos que implican aspectos sintácticos, semánticos y de memoria de trabajo.
- ✓ Aspectos emocionales. Las emociones son expresadas en la música y la prosodia a través de variaciones de: ritmo, amplitud, tono, timbre y tensión (acentuación).
- ✓ La existencia de una especialización hemisférica. Se sabe que hay una dominancia del hemisferio derecho para el procesamiento tanto del reconocimiento emocional como de la música, la cual varía en función del sujeto y de la naturaleza del estímulo a evaluar.
- ✓ Comparten la participación de estructuras subcorticales (ganglios basales precuneus, ínsula y estructuras límbicas como la amígdala, el hipocampo, el cíngulo anterior) y corticales (regiones frontales inferiores y orbitales, parietales y temporales posteriores) para su procesamiento.

Además, se ha descrito que un entrenamiento musical favorece las habilidades para extraer e interpretar la información prosódica del lenguaje. Por otra parte, se ha descrito que las mujeres tienen un mejor reconocimiento de las emociones expresadas, tanto a nivel visual como prosódico. Dado lo anterior, resulta pertinente indagar los cambios ligados a la edad en estas habilidades, tanto de reconocimiento emocional prosódico como musical y si se relacionan entre sí, en la infancia.

Desde este marco surgen las siguientes preguntas:

¿Cuál es la relación entre las habilidades de reconocimiento prosódico emocional y musical en niños entre los 8 y 11 años?

¿Existirá un efecto del sexo en las habilidades de reconocimiento prosódico emocional y musical en función de la edad?

Objetivo

Determinar si existe una relación entre las habilidades de reconocimiento prosódico emocional y musical en función de la edad en niños escolares, e identificar si esta relación varía de acuerdo al sexo.

Objetivos particulares

- Determinar el efecto de la edad en el reconocimiento prosódico de las distintas emociones (alegría, enojo, miedo y tristeza) entre los 8 y 11 años de edad.
- Determinar el efecto de la edad en el reconocimiento de los distintos elementos de la música (escala, contorno, intervalo, ritmo y memoria).
- Determinar la posible relación entre el reconocimiento prosódico de distintas emociones (alegría, enojo, miedo y tristeza) y elementos de la música (escala, contorno, intervalo, ritmo y memoria).
- Determinar la existencia de un efecto de sexo en el reconocimiento de las diferentes emociones y los elementos musicales.

Hipótesis

Existirá una correlación directa entre las habilidades de reconocimiento emocional prosódico y de reconocimiento musical en función de la edad.

Hipótesis específicas

- Los participantes de mayor edad tendrán un mayor porcentaje de aciertos en las tareas de reconocimiento prosódico en comparación con los participantes de menor edad, y será mayor en las niñas.

- Los participantes de mayor edad tendrán un mayor porcentaje de aciertos en las tareas de reconocimiento musical en comparación con los participantes de menor edad, y será mayor en las niñas.
- La relación entre el reconocimiento prosódico emocional y reconocimiento musical será directa y será mayor en las niñas.

IV. MÉTODO

Participantes

Participaron de manera voluntaria 40 niños y 40 niñas con edades entre 8 y 11 años, que corresponden al 3º, 4º, 5º y 6º de escuelas primarias particulares monolingües. Los padres de los participantes firmaron una carta de consentimiento informado, en donde estuvieron de acuerdo en que sus hijos participaran en la presente investigación. El estudio fue avalado por el comité de ética del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara con el número de registro: ET042008-51.

Criterios de inclusión

- Correspondencia de la edad con el grado escolar.
- Lateralidad manual predominantemente derecha (Annett, 1967).
- CI igual o mayor a 90 puntos (en el WISC-IV: vocabulario y cubos).

Criterios de no inclusión:

- Antecedentes de 1 año o más de entrenamiento musical.
- Antecedentes de daño neurológico (Historia clínica de la ENI)
- Haber presentado la menarquía.
- Alteraciones auditivas (audiometría e impedanciometría).
- TDAH (cuestionario para padres Conners).

Variables

a) Variables Independientes

- Edad
- Sexo

b) Variable Dependiente

Porcentaje de respuestas correctas en:

Reconocimiento prosódico emocional de:

- Alegría
- Enojo
- Miedo
- Tristeza

Reconocimiento musical, a través de la:

- Discriminación de escalas
- Discriminación del contorno
- Discriminación del intervalo
- Discriminación del ritmo
- Memoria incidental

Materiales

1. Pruebas para la selección de la muestra.

Para la selección de la muestra se utilizó el siguiente material:

a) Carta de consentimiento informado para padres.

Es un documento con el cual se avala que los padres han sido informados del proyecto y de la confidencialidad con la que se maneja la información proporcionada por los datos arrojados por las pruebas utilizadas. Así mismo, en este documento, los padres autorizan con su firma la participación para que su hijo forme parte de la muestra de la investigación (anexo A1).

b) Entrevista con los padres / historia clínica.

La historia clínica de la Escala Neuropsicológica Infantil (ENI, Matute et al., 2007) para evaluar los antecedentes patológicos del niño, así como las características de su desarrollo, permitiéndonos conocer si existe algún antecedente de daño neurológico (anexo A2 y A3).

c) Cuestionario para padres de CONNERS.

Se aplicó con el objeto de excluir a los niños que presentaran características de déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Informa sobre las conductas hiperactivas más relevantes que se evidencian en posibles trastornos atencionales, este cuestionario que debe ser completada por los padres. Principalmente, se enfoca en la evaluación de antecedentes de niveles de hiperactividad excesiva en los niños y que pueden presentarse desde temprana edad. Para los fines del presente estudio se tomaron en cuenta los factores de H: hiperactividad e IH: impulsivo hiperactivo, a través de preguntas que se califican de acuerdo a la frecuencia con la que los padres observan dichas conductas en el niño con un escala de 0 (nunca), 1(solo un poco), 2(Bastante) y 3 (Mucho). En la escala la frecuencias de respuesta de las columnas con valores de 2 (bastante) y 3 (mucho) fueron consideradas positivas para definir la presencia de síntomas de hiperactividad e impulsividad. La puntuación típica es de 50 con un rango de variación de (+ - 10) (anexo A4).

d) Escala de Inteligencia de Weschler para niños y adolescentes (WISC-IV).

Ofrece información sobre capacidad intelectual general del niño. En el presente trabajo se utilizó la forma corta de vocabulario y diseño con cubos. Estas dos subpruebas tienen una buena confiabilidad y se correlacionan con la escala completa (Wechsler, 1982).

La subprueba de vocabulario evalúa el conocimiento de las palabras, nivel de formación de conceptos y además de un bagaje de conocimientos, capacidad de aprendizaje y memoria a largo plazo. Esta subprueba consta de 36 ítems, incluyendo 4 dibujos, al niño se le pide nombrar los dibujos que se le presentan en la libreta de estímulos y definir el significado de palabras, que son leídas en voz alta por el entrevistador. Los reactivos se califican con 2, 1 o

0 puntos, tomando en cuenta la calidad de la respuesta: se conceden 2 puntos para, sinonimos adecuados, usos principales o clasificaciones generales; 1 punto para respuestas vagas, sinonimos menos pertinentes o usos menores.

En la subprueba de cubos evalúa la formación de conceptos no verbales, organización y percepción visuales, coordinación vasomotora y la capacidad de observación y procesamiento simultáneo. Esta subprueba consta de 14 ítems en donde al niño se le pide observe un modelo construido o la ilustración en la libreta de estímulos, el cual debe reproducir con cubos diseñados especialmente (mitad blancos y mitad rojos a partir de el vertice), el tiempo en que se realiza la replica del diseño es un factor limitante para continuar con la realización de la subprueba, la cual conforme se avanza en los ítem presenta mayor dificultad. En los reactivos 1 a 8 se utilizan 4 cubos y de 9 a 14 se utilizan 5 cubos. Todos los reactivos tienen un tiempo de ejecución: del 1 al 4, es de 45 segundos, del 5 al 8 son 75 segundos y 9 en adelante son 120 segundos. Los reactivos se califican de la siguiente manera: del 1 al 3 se le conceden 2, 1 o 0 puntos, mientras que de 4 en adelante. La puntuación máxima es de 4 puntos y 3 adicionales por bonificación de tiempo.

Para la obtención de la puntuación del CI total fue necesario normalizar las puntuaciones naturales resultantes de cada subprueba, mediante la utilización de tablas por edad pertenecientes al apéndice A del manual de aplicación del WISC-IV, los valores así obtenidos en cada subprueba se suman, se multiplican por tres y se le suman 40 puntos, obteniendo finalmente el valor del CI. Los participantes con puntuaciones mayores a 90 puntos fueron incluidos en el presente estudio.

e) Prueba de lateralidad de Annett (anexo A5).

Permite determinar la lateralidad manual de los participantes (Annett, 1967). Esta prueba consiste en interrogar a los participantes que mano utilizan para realizar tareas cotidianas. Los niños expresaron verbalmente su preferencia manual y además se les pidió también que simularan las tareas. La preferencia manual izquierda o derecha es determinada por como los niños contestan los 12 reactivos de la prueba considerándose un mínimo de 8 puntos.

f) Impedanciometría

Esta prueba permite la detección de alteraciones auditivas a través de la medición de la resistencia que se opone a la membrana timpánica y los huesecillos, cuando sobre ellos incide un sonido.

Esta prueba fue realizada a través de un Impedanciómetro marca Maico MI-42 el cual emite una gráfica llamada timpanograma, éste representa los cambios del flujo de energía en el oído medio de los participantes. Se representa en un eje de coordenadas donde en el eje de las abscisas se valoran las variaciones de presión en decaPascales (daPA), tanto positivas como negativas y en el eje de ordenadas se valoran los incrementos de la compliancia (la facilidad o la magnitud del movimiento de la membrana timpánica y del sistema del oído medio en cm^3).

Se ha especificado que para las variaciones de presión los límites de normalidad requerida son de (+200/-200 daPa). Mientras que en relación a la compliancia es considerada normal una variación de 0.3 hasta 1.6 cm^3 (AEDA, 2004).

Los participantes del presente proyecto obtuvieron una calificación dentro de estos límites de normalidad.

g) Audiometría

Por medio de esta prueba que emplea tonos puros y establece el umbral de audición del estímulo sonoro más débil que es capaz de percibir un oído en cada una de las frecuencias, para descartar posibles trastornos auditivos.

Esta prueba fue realizada a través de un Impedanciómetro marca Maico MI-41, el cual nos permitió conocer el nivel auditivo mínimo de los participantes (15 decibeles a una frecuencia entre 250 y 8000 Hertz).

2. Pruebas experimentales

a) Reconocimiento de Prosodia emocional

Los estímulos se hicieron en el laboratorio de neurofisiología de procesos cognitivos y emocionales en el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara y se han utilizado en tres tesis de maestría realizadas en dicha Institución en donde se probó su utilidad. La tarea consiste

en 31 frases de 4 a 6 palabras, expresadas en tercera persona del singular en presente o en pasado, con un significado semántico neutro desde el punto de vista emocional, y expresadas por dos locutores experimentados (un hombre y una mujer) quiénes las pronunciaron en diferentes tonos emocionales: 8 estímulos en tono de alegría, 9 de enojo, 6 de miedo y 8 de tristeza. Estos estímulos son presentados a través de una grabación, se presentan en un orden fijo. Antes de comenzar la tarea se les indica a los participantes que deben escuchar atentamente porque las frases están dichas en cuatro tonos emocionales (alegría, enojo, miedo o tristeza) y ellos tienen que identificarlos. Se realiza un ensayo para que los participantes comprendan el procedimiento, una vez entendido el proceso se procede a la evaluación y las respuestas son anotadas en un formato específico por la persona que está aplicando la prueba (anexo A6).

La grabación fue presentada en una computadora y utilizando bocinas y audífonos los cuales están calibrados a un volumen máximo de 60 db NPS.

b) Reconocimiento musical

Se utilizó la Batería de Montreal de Evaluación de la Amusia (versión niños) (Villeneuve y Peretz, 2002), presentando las diferentes tareas a través de una grabación de 60 ensayos distribuidos de la siguiente manera:

- Tarea 1. Escala (12 ensayos)
- Tarea 2. Contorno diferente (12 ensayos)
- Tarea 3. Intervalo (12 ensayos)
- Tarea 4. Contorno rítmico (12 ensayos)
- Tarea 5. Memoria incidental (12 ensayos)

Cada tarea o bloque comprende 12 pistas: 10 pistas de la tarea como tal en donde cada pista incluye 2 pares de melodías y 2 pistas utilizadas como ejemplos; en éstas sólo hay un par de melodías por pista, por lo cual en cada bloque o tarea hay 22 pares de melodías de los cuáles un par corresponde a un ejercicio para comprender la tarea (2 ejemplos).

La instrucción para las tareas 1, 2, 3 y 4 es la misma, en estas se debe discriminar entre cada par de melodías si son iguales o diferentes.

Para la aplicación del bloque o tarea 5 es necesario cambiar la instrucción de aplicación. Esta tarea consiste en identificar si la melodía presentada ya la había escuchado el niño antes, en las pruebas anteriores o no la había escuchado.

Se solicitó a los niños que al término de cada par de melodías emitieran su respuesta, la cual fue anotada en un formato específico por la persona que aplicó la prueba (anexo A7).

Al finalizar cada bloque o tarea de 12 pistas, se podían tomar pequeños descansos; al comenzar con un nuevo bloque de pistas, se repitió la instrucción y se mostraron y ejecutaron los dos ejemplos en cada tarea.

La grabación fue presentada en una computadora y utilizando bocinas y audífonos los cuáles fueron calibrados a un volumen máximo de 60 db NPS.

Procedimiento

Se estableció contacto con las instituciones participantes, escuelas primarias privadas monolingües, a través de una entrevista con los directores, quiénes nos permitieron contactar a niños de 3° a 6 grado, mediante una carta a los padres de familia en la que se solicitó su consentimiento para la participación de sus hijos en la investigación. Aquéllos que respondieron favorablemente a la invitación fueron contactados telefónicamente para hacer una cita para la evaluación.

La aplicación de las pruebas se realizó en una sola sesión de 2.5 horas aproximadamente, en donde se realizó una entrevista a los padres para obtener la historia clínica a través del cuestionario para padres.

A los niños se les aplicaron las pruebas de selección de la muestra, de lateralidad manual de Annette, impedanciometría y audiometría.

Una vez que los niños cumplieron los criterios anteriores, se les aplicó la forma abreviada del WISC-IV de cubos y vocabulario.

Finalmente, si los niños cumplían con todos los criterios de selección, se les aplicaron de manera contrabalanceda cada una de las pruebas de reconocimiento emocional prosódico y la batería de reconocimiento musical (Ver diagrama del diseño experimental). En ambas tareas, los participantes se

sentaron en una silla fija y ergonómica que permitía tener una correcta postura facilitando el uso adecuado de los audífonos mediante los cuales se presentaron los estímulos.

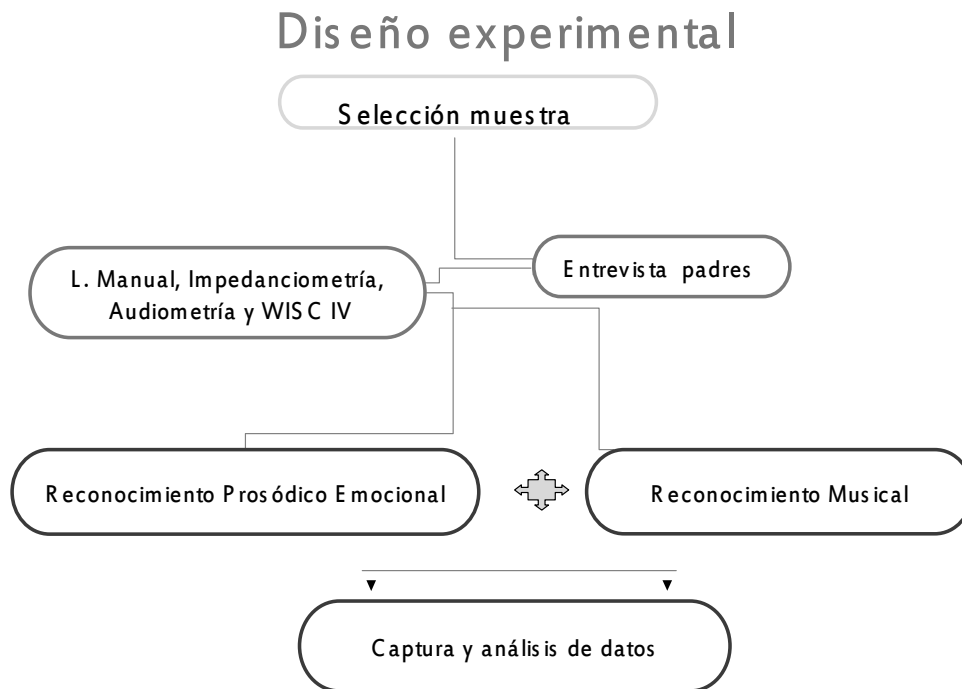


Figura 13. Diagrama de flujo del diseño experimental.  Contrabalanceo

Análisis estadístico.

El efecto de la edad en el reconocimiento tanto de la prosodia como de la música se observó a partir de un análisis de correlación de Spearman.

El mismo análisis se utilizó para evaluar la relación entre el reconocimiento prosódico y musical.

Se aplicó el estadístico Kruskal Wallis para conocer si existían diferencias significativas entre niños y niñas y entre emociones.

Los estadísticos Kruskal Wallis y el Coeficiente de Correlación de Spearman se calcularon usando el programa estadístico para las ciencias sociales SPSS versión 11.5.

Mediante los estadísticos como la prueba de Shapiro-Wilk y el test de Leven se analizó la distribución de los datos y la homogeneidad de las varianzas.

Las variables analizadas presentaron una distribución normal pero sus varianzas no fueron homogéneas por lo cual se aplicaron pruebas no paramétricas.

V. RESULTADOS

En la tabla 2 se observan las edades y distribución de acuerdo al grado escolar en los distintos grupos de niños y niñas.

Tabla 2. Media y desviación estándar de la edad de los niños y niñas participantes y su distribución en función del grado escolar.

Edades	Niñas		Niños		Grado Escolar
	M	DS	M	DS	
8	8.41	0.27	8.58	0.26	3°
9	9.35	0.34	9.39	0.30	4°
10	10.44	0.20	10.49	0.22	5°
11	11.27	0.21	11.24	0.27	6°
Total	9.87	1.11	9.92	1.06	

n= 10 por edad y sexo

1. Reconocimiento prosódico emocional.

En el análisis de correlación de Spearman (figura 14) se identificó una correlación directa entre las variables edad y porcentaje de aciertos en la tarea de reconocimiento prosódico emocional (RPE), siendo significativa para la muestra total ($r_s = 0.230$, $p < 0.05$) y el grupo de niñas ($r_s = 0.375$, $p < 0.05$), no así para los niños ($r_s = 0.182$).

Reconocimiento Prosódico Emocional

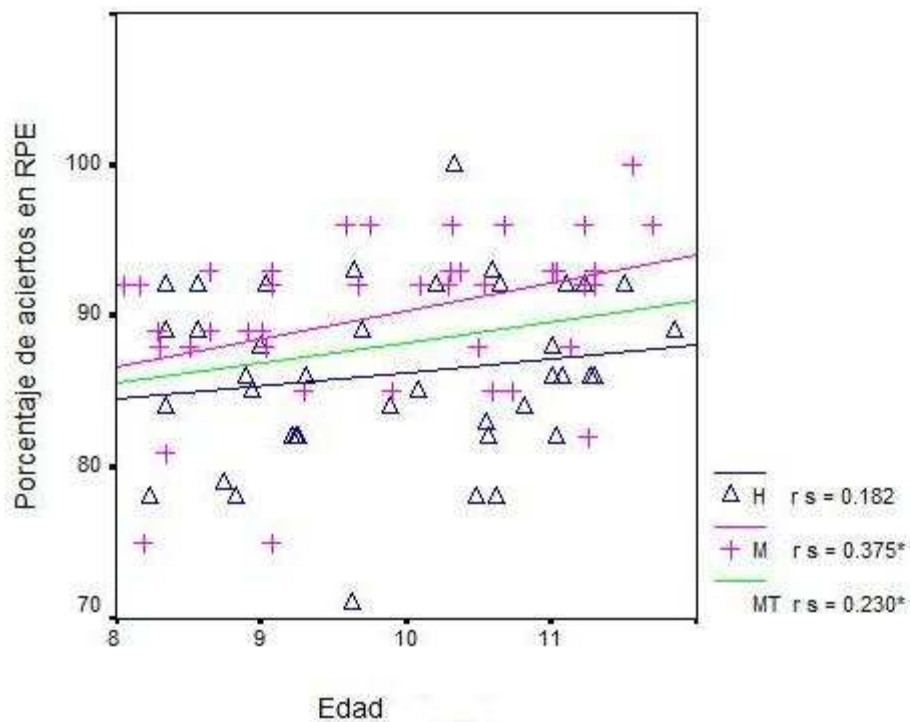


Figura 14. Correlación de Spearman (r_s) entre el reconocimiento prosódico emocional y la edad para la muestra total (MT), los niños (H) y las niñas (M). * $p < 0.05$

Al realizar la correlación para cada una de las emociones (alegría, enojo, miedo y tristeza) se observó una correlación positiva significativa únicamente en la muestra total para la emoción de miedo ($r_s = 0.258$, $p < 0.05$) (ver tabla 3).

Tabla 3. Correlación de Spearman entre las emociones del reconocimiento prosódico y la edad para el total de la muestra (MT), las niñas (♀) y los niños (♂).

	r_s
Alegría	♀ = 0.151 ♂ = -0.059 MT = 0.017
Enojo	♀ = 0.043 ♂ = 0.039 MT = 0.026
Miedo	♀ = 0.288 ♂ = 0.264 MT = 0.258 *
Tristeza	♀ = 0.169 ♂ = -0.016 MT = 0.097

* $p < 0.05$

En la figura 15, se observa el efecto del sexo en el desempeño de las tareas de RPE, en donde las niñas mostraron un mejor desempeño en el reconocimiento de la alegría, enojo y del miedo ($K = 5.566$, $p < 0.018$, $K = 8.152$, $p < 0.004$, y $K = 8.022$, $p < 0.005$, respectivamente).

Diferencias Sexuales en el Reconocimiento Prosódico Emocional

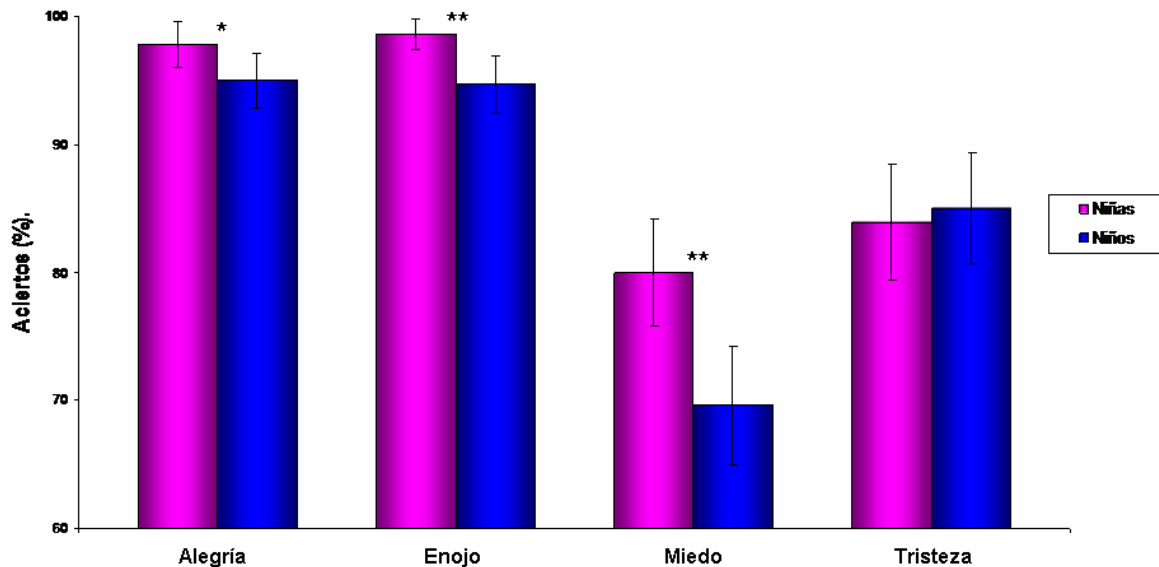


Figura 15. Media \pm 2 errores estándar del porcentaje de aciertos del reconocimiento prosódico de las distintas emociones en niñas y niños de 8 a 11 años de edad. En las emociones de enojo y miedo se observan diferencias sexuales significativas a un nivel de $p < 0.01$ (**), y en la de alegría de $p < 0.05$ (*).

En la figura 15 se observa que las emociones que tuvieron el mayor porcentaje de aciertos fueron el enojo y la alegría, seguido de la tristeza y al final el miedo, al analizar la muestra total (niños y niñas juntos) el porcentaje de aciertos, a través de la prueba de Kruskal Wallis se encontraron diferencias significativas únicamente para la emoción de miedo con respecto a las otras emociones ($K= 6.55, p < 0.037$).

2. Reconocimiento musical

En el análisis estadístico de correlación de Spearman se identificó una relación significativa positiva entre el porcentaje de aciertos de la tarea de reconocimiento musical y la edad en la muestra total ($r_s = 0.384, p < 0.01$), en las niñas ($r_s = 0.453, p < 0.01$) y en los niños ($r_s = 0.338, p < 0.05$) (Fig. 16).

Reconocimiento Musical

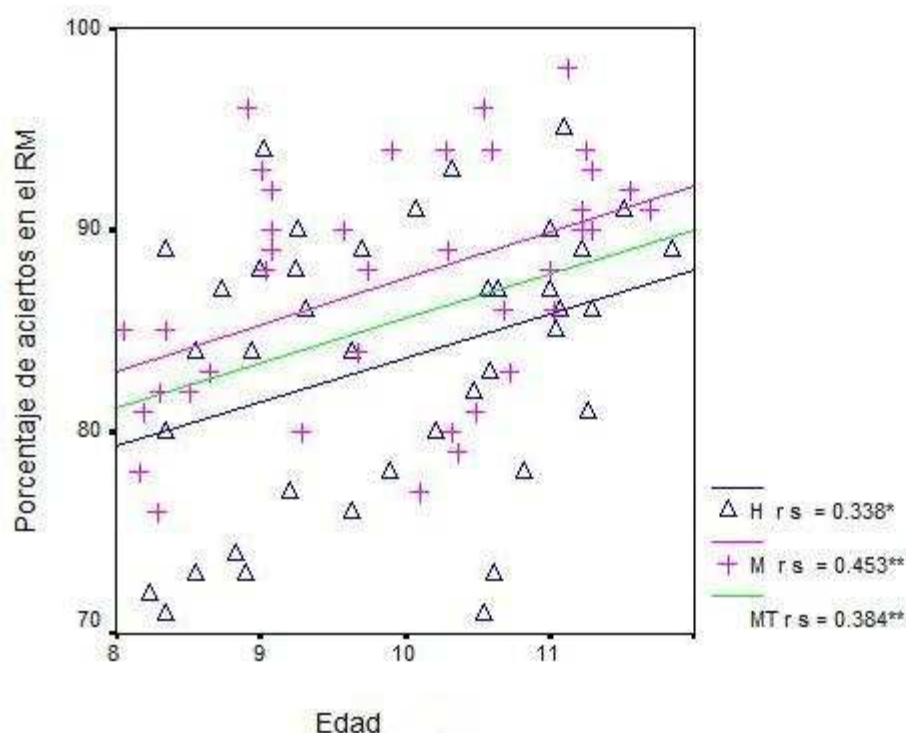


Figura 16. Correlación de Spearman (r_s) entre reconocimiento prosódico musical y la edad para la muestra total (MT), los niños (H) y las niñas (M). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Al realizar la correlación para cada uno de los que elementos que integran el reconocimiento musical (escala, contorno, intervalo, ritmo y memoria) en toda la muestra y también por sexo se encontró que existe una correlación directa para las variables de: discriminación de la escala en la muestra total; para la discriminación del contorno en las niñas; para la discriminación del intervalo en la muestra total y en las niñas; para la discriminación de ritmo en la muestra total, en las niñas y los niños y finalmente, para la tarea de memoria en la muestra total, en las niñas y en los niños (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación de Spearman entre los elementos de reconocimiento musical y la edad para el total de la muestra (MT), las niñas (♀) y los niños (♂).

	r_s
Escala	♀ = 0.266 ♂ = 0.274 MT = 0.249 *
Contorno	♀ = 0.323 * ♂ = 0.016 MT = 0.144
Intervalo	♀ = 0.363 * ♂ = 0.217 MT = 0.256 *
Ritmo	♀ = 0.316 * ♂ = 0.641 ** MT = 0.449 **
Memoria	♀ = 0.320 * ♂ = 0.351 * MT = 0.327 **

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

En la figura 17 se puede observar el efecto del sexo en el desempeño de las tareas de reconocimiento musical. Las niñas mostraron mayor porcentaje de aciertos en el reconocimiento de la escala, el intervalo y ritmo siendo estos significativos ($K = 4.552$, $p < 0.033$, $K = 6.856$, $p < 0.009$, y $K = 4.628$, $p < 0.031$), respectivamente.

Diferencias Sexuales en el Reconocimiento Musical

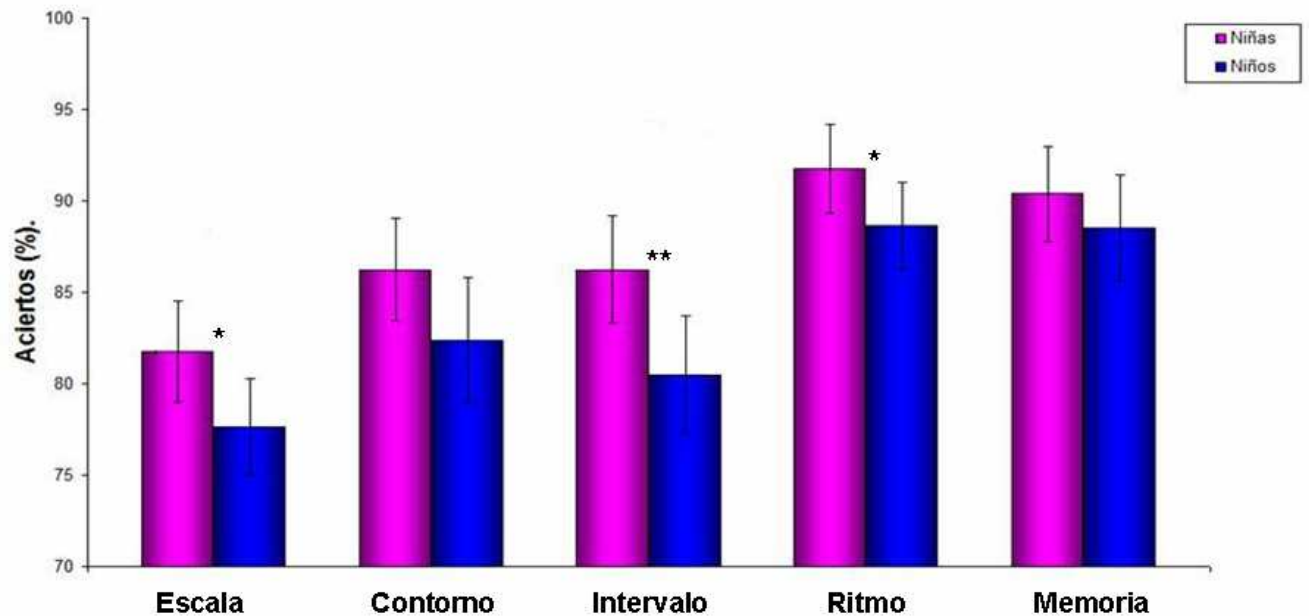


Figura 17. Media \pm 2 errores estándar del porcentaje de aciertos en el reconocimiento de los distintos elementos musicales en niñas y niños de 8 a 11 años. $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**).

En la figura 17 se observa que los elementos en los que se obtuvieron el mayor porcentaje de aciertos fueron el ritmo y la memoria, seguido del contorno y el intervalo y al último la escala, al analizar la muestra total (niños y niñas) el porcentaje de aciertos en los elementos musicales, se encontraron diferencias significativas en: ritmo ($K= 28.654$, $p < 0.001$), memoria ($K= 23.313$, $p < 0.001$), intervalo ($K= 17.474$, $p < 0.015$) y escala ($K= 16.370$, $p < 0.022$).

3. Correlación entre el Reconocimiento prosódico emocional y el reconocimiento musical.

En el análisis estadístico de correlación de Spearman se encontró una correlación directa entre las variables de reconocimiento prosódico emocional (RPE) y reconocimiento musical (RM) para la muestra total ($r_s = 0.273$, $p < 0.05$) y en los niños ($r_s = 0.360$, $p < 0.05$). (Fig. 18)

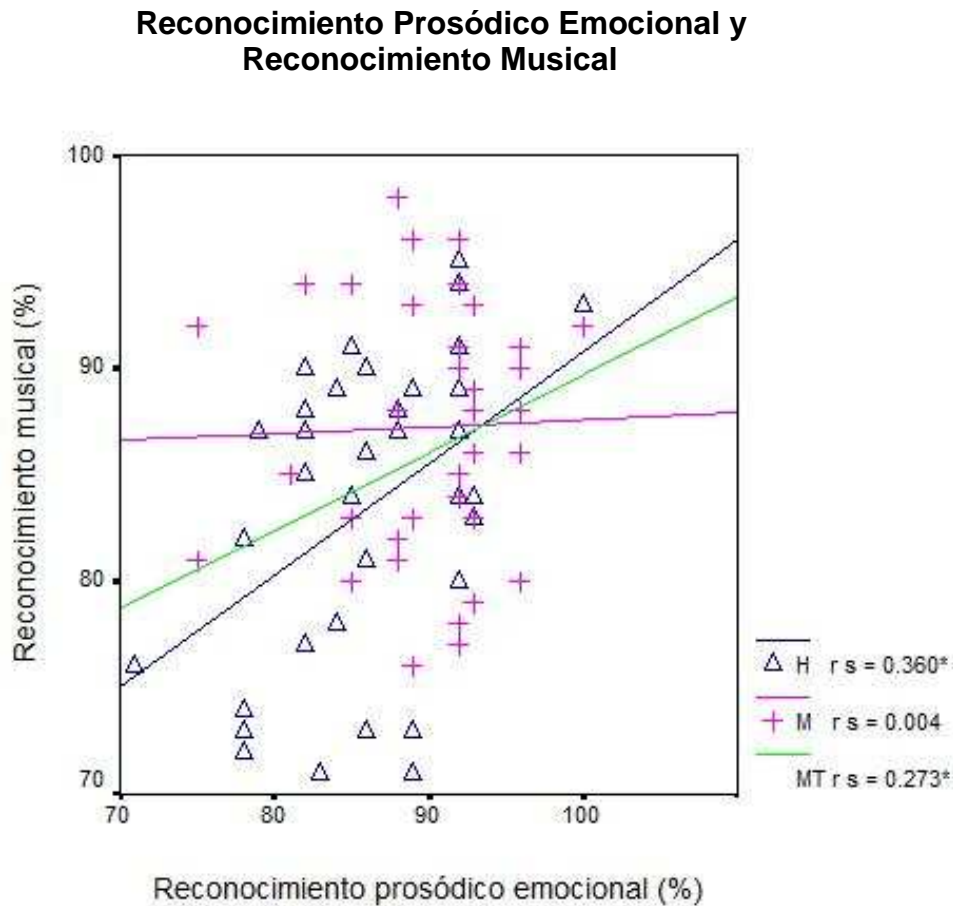


Figura 18. Correlación de Spearman (r_s) entre el porcentaje de aciertos en el reconocimiento prosódico emocional y el reconocimiento musical. MT, muestra total; M mujeres y; H hombres. * $p < 0.05$.

Al hacer la correlación de acuerdo al sexo se encontraron valores significativos únicamente en el caso de los niños en las correlaciones entre la escala y el enojo, escala y miedo, contorno y enojo, así como entre ritmo y miedo (Tabla 5).

Tabla 5. Correlaciones entre el reconocimiento prosódico emocional y los elementos del reconocimiento musical, por sexo: niñas (♀) y niños (♂).

		RECONOCIMIENTO PROSÓDICO EMOCIONAL			
		Alegría	Enojo	Miedo	Tristeza
RECONOCIMIENTO MUSICAL	Escala	♀ = 0.036 ♂ = 0.148	♀ = 0.120 ♂ = 0.450**	♀ = 0.169 ♂ = 0.458**	♀ = -0.183 ♂ = 0.113
	Contorno	♀ = 0.154 ♂ = 0.176	♀ = -0.030 ♂ = 0.364*	♀ = -0.008 ♂ = 0.247	♀ = -0.139 ♂ = 0.201
	Intervalo	♀ = -0.154 ♂ = -0.064	♀ = 0.153 ♂ = 0.287	♀ = 0.139 ♂ = 0.148	♀ = -0.189 ♂ = 0.151
	Ritmo	♀ = 0.213 ♂ = 0.108	♀ = 0.093 ♂ = 0.211	♀ = -0.066 ♂ = 0.332*	♀ = -0.004 ♂ = -0.127
	Memoria	♀ = 0.176 ♂ = 0.109	♀ = 0.167 ♂ = -0.070	♀ = 0.110 ♂ = 0.025	♀ = 0.000 ♂ = -0.017

*p<0.05 y **p<0.01

VI. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo sugieren que sí existe una relación entre las habilidades de reconocimiento emocional prosódico y musical en función de la edad y del sexo en niños escolares (8 a 11 años).

Los resultados serán discutidos en relación a tres aspectos. El primero, sobre el efecto de la edad en el reconocimiento emocional prosódico; el segundo punto, el efecto de la edad en el reconocimiento musical y; el tercero, la relación entre las habilidades del reconocimiento emocional prosódico y musical. Estos aspectos son analizados tomando en cuenta el sexo de los participantes.

¿Existe un efecto de la edad en el reconocimiento emocional prosódico? ¿y éste es diferente en función del sexo?

Con relación al primer aspecto, nuestros resultados sugieren que a mayor edad, el reconocimiento emocional prosódico es mejor, pero sólo en el caso del miedo y atribuible básicamente a las niñas.

Nuestros resultados concuerdan con lo reportado en la literatura, en el sentido de que la alegría es más fácil de reconocer, y nos encontramos algo similar en el enojo. El porcentaje de aciertos en la muestra total es mayor al 90%, tanto en los niños como en las niñas, mientras que en el caso del reconocimiento de las emociones de tristeza y miedo el número de aciertos fue menor.

Las diferencias sexuales fueron significativas para las emociones de alegría, enojo y miedo, en donde las niñas mostraron un mejor desempeño que los niños.

En investigaciones realizadas por Morton y Trehub (2001) y Fujiki et al. (2006) se encontró un mayor porcentaje de respuestas correctas en función de la edad en el reconocimiento emocional prosódico, pero no hubo diferencias sexuales. Morton y Trehub (2001) encontraron que los niños a partir de los 5 años, presentan un incremento en el uso de señales paralingüísticas, presentando un mejor desempeño a partir de los 9 años en el reconocimiento de la prosodia emocional, sin embargo a diferencia del presente estudio estos

autores no encontraron diferencias significativas relacionadas con el sexo y el tipo de emoción.

En relación con las diferencias sexuales, nuestros resultados concuerdan con los de otros estudios realizados en adultos, en los que reportan que las mujeres tienen un mejor reconocimiento de emociones tanto a nivel prosódico como de expresiones faciales emocionales y gestuales (Halpern, 2000; Sanz-Martin y Ramos-Loyo, 2001; Ramos-Loyo, 2002). Específicamente, para el reconocimiento prosódico emocional, sólo se han reportado diferencias sexuales en adultos que favorecen a las mujeres. Estas diferencias se atribuyen a la manera en que las mujeres procesan la prosodia, de manera automática y simultáneamente con la información semántica y con la participación de ambos hemisferios cerebrales, mientras que los hombres sólo procesan la prosodia cuando se les indica directamente y es procesada preferentemente en el hemisferio derecho y el contenido semántico en el hemisferio izquierdo, es decir en el hombre se presenta una mayor especialización hemisférica (Schirmer et al., 2002, 2003, 2004 y 2005; Rymarczyk y Grabowska, 2007). En este estudio observamos que esa ventaja de las mujeres ya se encuentra presente en la edad escolar.

En el caso del reconocimiento prosódico emocional, las investigaciones en niños son muy escasas y en ninguna, se han reportado diferencias sexuales. Considerando estudios de diferencias sexuales en el reconocimiento facial emocional, Ramos-Loyo et al. (2005), en un estudio en donde evaluaron el reconocimiento facial emocional en niños de 1º, 3º y 6º de primaria y 3º de secundaria observaron resultados semejantes a los nuestros. Por una parte, encontraron un mejor desempeño conforme aumentaba la edad y por otra, en cuanto al tipo de emoción, observaron que la alegría y el enojo eran más fáciles de reconocer, mientras que las más difíciles fueron la tristeza y el miedo; finalmente, en relación al sexo, en los niños escolares no hubo un efecto, éste sólo se observó en los adolescentes de secundaria, en donde las mujeres tuvieron un reconocimiento más rápido que los hombres de las expresiones faciales emocionales. Los autores le atribuyen esta mejora al papel activador de las hormonas durante la adolescencia. Estos datos concuerdan con un estudio realizado por Killgore et al. (2001), con fMRI comparando niños y adolescentes (de 9 a 17 años). En los niños y niñas encontró la activación de la

amígdala izquierda cuando observaban imágenes faciales de miedo, pero conforme avanzó la edad hacia la adolescencia, los hombres siguieron presentaron una fuerte activación en la amígdala izquierda mientras que en las adolescentes no fue así. Las mujeres mostraron diferentes patrones de activación que los hombres, conforme se acercaban a la adolescencia, disminuía notablemente la activación en la amígdala, mientras que se presentaba un progresivo incremento de actividad en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda, no observado en los hombres. Los autores refieren que estos hallazgos apoyan la idea de un modelo de desarrollo en el cual, la maduración cerebral se asocia con un mayor control sobre la conducta emocional vía corteza frontal que modula las respuestas límbicas relacionadas con la conducta emocional, formando un circuito que probablemente se ve influenciado por factores de desarrollo dependientes del sexo. En el caso del reconocimiento facial emocional en los niños se observó la participación de la amígdala tanto en mujeres como hombres. En bebés, se observó una fuerte participación bilateral de las áreas temporales en el reconocimiento de la prosodia (Grossmann, 2006).

Estudios que apoyan este modelo pero sin evaluar diferencias sexuales han encontrado que los pre-adolescentes al realizar tareas de reconocimiento emocional facial, presentaron una mayor activación de estructuras temporales mediales (amígdala y cíngulo), en comparación a los adultos en quienes se activan áreas frontales (órbitofrontal). Los autores sugieren que estos patrones de activación se atribuyen al proceso de maduración de estructuras como la amígdala, el cíngulo y la corteza orbitofrontal, las cuales están relacionadas con procesos de atención dirigida y control emocional y que se dan más rápidamente en mujeres que en hombres (Monk et al., 2003; Lobaugh et al., 2006). En adultos mayores se activa principalmente la corteza frontal inferior y orbitofrontal en tareas semejantes (Iidaka et al., 2002; Gunning-Dixon et al., 2003 y Grady et al., 2005).

En este sentido, es importante señalar que estructuras como la amígdala y la corteza prefrontal presentan un dimorfismo sexual anatómico, ya que mientras la amígdala es más grande en los hombres, la corteza prefrontal particularmente la orbitofrontal es mayor en las mujeres, dicho dimorfismo se

ha atribuido al papel organizador de las hormonas (Joseph, 1996; Halpern 2000; Cahill, 2003, 2006).

También se sabe que estructuras como la corteza prefrontal presentan un amplio periodo de desarrollo ontogénico que va desde la infancia hasta la edad adulta (Fuster, 2002), presentándose una acelerada maduración de la materia gris y materia blanca en lóbulo frontal durante la adolescencia (Giedd et al., 1999, Sowell et al., 1999a); al parecer la materia gris disminuye y la materia blanca se incrementa, los procesos regresivos ocurren de manera no lineal y los progresivos de manera lineal (Sowell et al., 2001). Los autores atribuyen estos cambios a un proceso madurativo natural relacionado con cambios hormonales que ocurren durante la pubertad y la adolescencia (Sowell et al., 2001). Se menciona que la mayor pérdida de materia gris es en la corteza prefrontal dorsolateral (Sowell et al. 2001, 2002), la cual principalmente ocurre al terminar la adolescencia (Gotay et al., 2004). Estudios realizados por Giedd et al. (1999) y Lenroot et al. (2008) en participantes con un rango de 4 a 21 años, y de 3 a 27 respectivamente, coinciden en que hay una diferencia relativa a la edad en los patrones de maduración para la materia gris respecto al proceso de maduración de hombres y mujeres. Los autores refieren que ésta ocurre más temprano en las niñas que en los niños con una diferencia de 1 a 2 años, tal es el caso de los cambios en los volúmenes de materia gris. En el caso de los lóbulos frontales el pico de incremento de la materia gris se da a los 12.1 años para los hombres y a los 11 años para las mujeres; en el lóbulo parietal, a los 11.8 años en los hombres y a los 10.2 en las mujeres; en cuanto al lóbulo temporal, el pico máximo no se alcanzó hasta los 16.5 años para los hombres y a los 16.7 años para las mujeres (Giedd et al. 1999). Por su parte, Lenroot et al. (2008) indica que el volumen de materia blanca se incrementa con la edad en ambos sexos, su trayectoria es divergente, en los hombres se incrementa más rápidamente que en las mujeres, estos patrones se mantienen en el lóbulo frontal, parietal, temporal y occipital.

La maduración en la corteza prefrontal es de particular interés pues estudios neuropsicológicos muestran que esta estructura es esencial en funciones que requieren respuestas de inhibición, regulación emocional, planeación y organización (Fuster, 1989, 2002), además de procesos de atención y de memoria (García-Molina et al., 2009).

Tomando en cuenta lo antes descrito, se observa que existe un mayor reconocimiento prosódico emocional conforme los niños crecen, lo cual es reflejo de una maduración cerebral de las estructuras que conforman el sistema nervioso central, particularmente de las encargadas de la percepción, evaluación, así como la emisión de un juicio emocional, como son áreas temporales mediales (amígdala, ganglios basales, hipocampo, cíngulo anterior), la corteza auditiva primaria y secundaria, así como áreas de asociación multimodal las que se encuentran en la corteza temporal parietal y frontal.

También se observó que las respuestas de los participantes estuvieron en función del sexo, siendo mayor el número de aciertos en el caso de las mujeres lo cual correlaciona de manera positiva con la edad, es decir, que conforme se incrementa la edad mejoran el desempeño. Esto coincide ampliamente con los resultados obtenidos en otros trabajos de reconocimiento facial emocional y reconocimiento prosódico lingüístico antes citados.

Por otro lado, en relación con las emociones, la más fácil fue la alegría y la más difícil de reconocer fue el miedo, resultados que coinciden con la mayoría de los estudios sobre reconocimiento emocional tanto en facial emocional, que además es más evidente en edades tempranas y conforme los niños crecen va mejorando. Una posible explicación en cuanto al mejor reconocimiento de la alegría y el enojo, sería que debido a que los infantes siempre están expuestos a estas expresiones emocionales desde su nacimiento, tanto en emociones faciales como prosódicas. En cuanto a la prosodia afectiva están estudios hechos por Grossmann et al. (2005), en donde se encontró a través de potenciales relacionados a eventos, que los bebés de siete meses ya responden a las palabras con entonación de enojo, provocando mayor respuesta que las dichas en tonos de alegría y neutros, sugiriendo una amplia distribución de la atención a la emoción de enojo; también observaron que la alegría y el enojo provocaron una oscilación lenta en el lóbulo temporal a 500 y 1000 ms, respectivamente. Estos mismos autores (Grossmann et al., 2006) sugieren que los bebés a los 7 meses son capaces de reconocer diferentes modalidades de estímulos emocionales, integrar información de la cara y la voz y detectar incongruencias entre información de la cara y de la voz.

¿Hay un efecto de la edad en el reconocimiento musical? ¿y ésta depende del sexo?

Con relación al segundo aspecto, nuestros resultados sugieren que sí existe una clara relación entre las habilidades de reconocimiento musical y la edad entre los 8 y 11 años, observándose además un efecto del sexo.

En la muestra completa, encontramos una correlación significativa en los elementos de escala, intervalo, ritmo y memoria, únicamente el contorno sólo alcanzó significancia en las niñas. Estos resultados coinciden con algunos estudios previos realizados en infantes y niños. Por ejemplo, en nuestros resultados encontramos que el elemento del ritmo es el que mejor se reconoce tanto por las niñas como por los niños, alcanzando puntuaciones por encima del 90% y 85% respectivamente, en concordancia la literatura menciona que el ritmo es utilizado por los bebés recién nacidos para poder identificar el habla de sus madres y de su lengua materna (Scott et al., 1997; DeCasper, 1980; Plante et al. 2006). Además, otros estudios coinciden en que a la edad de 5 años todos los niños ya reconocen las diferencias en el tiempo musical rápido y lento (Dolgin y Andelson, 1990, citado en Peretz, 2001); Dalla et al., 2001; Gerardi y Gerken, 1995; Gregory et al., 1996; Trehub, 2003).

En nuestros resultados en lo que respecta a los elementos de la organización melódica “el modo” como son la escala, el contorno e intervalo, observamos que son más difíciles de reconocer, sin embargo en estos elementos se observa un incremento más notorio conforme aumenta la edad.

Algunas investigaciones concuerdan con nuestros hallazgos, entre ellas está la realizada por Trehub (2003), quien encontró que niños de 5 a 9 años pueden identificar las variaciones de tono de una melodía conocida sólo cuando hay un cambio tonal para dos semitonos, no así con un semitono, sin embargo a pesar de la dificultad de detectar el cambio en un semitono, sí se observó un incremento gradual conforme aumentaba la edad. En otro estudio, Overy et al. (2004) examinaron la base neural del ritmo y la melodía con fMRI en niños de 6 años en melodías no conocidas donde se les pidió que juzgaran como igual o diferente dos frases musicales cortas (5 tonos). En los resultados, se observaron patrones de activación semejantes entre la discriminación de ritmo y melodía, salvo por una predominancia del hemisferio derecho para la melodía (giro temporal superior), mientras que para el ritmo del hemisferio

izquierdo aunque menos extendida en relación con lo reportado en los adultos, lo cual sugiere que la especialización hemisférica se desarrolla con la edad.

En este sentido un estudio realizado por Koelsh et al. (2005), con fMRI en donde los participantes hicieron juicios de secuencias musicales que terminaban en acordes sintácticamente regulares o irregulares, en niños de 10 años sin y con entrenamiento musical, así como adultos sin y con entrenamiento musical. En sus resultados reportan que los niños de 10 años sin entrenamiento musical ya presentan un patrón de activación similar al de los adultos principalmente del hemisferio derecho en la corteza frontal lateral inferior (opérculo frontal BA44, BA45) y la premotora ventrolateral inferior y el lóbulo temporal (surco temporal superior/giro temporal y giro temporal superior/BA22) y; en el hemisferio izquierdo, los adultos mostraron una extensa activación en áreas prefrontales, en el giro supramarginal y áreas temporales mientras que, en los niños sólo se observó la activación de la corteza orbitofrontal lateral y la porción anterior del giro temporal superior. En ambos, adultos y niños el entrenamiento musical fue correlacionado con una fuerte activación en la corteza orbitofrontal lateral derecha y porción anterior del giro temporal superior derecho en comparación con los no músicos. Los datos en los niños sugieren que las diferencias entre músicos y no músicos pueden ser observadas ya desde los 10 años, o incluso antes.

Los estudios antes mencionados muestran que hay un desarrollo a través de la infancia tardía en la capacidad para reconocer y discriminar el ritmo y la melodía de frases musicales, así como también la detección de cambios en la armonía.

En estudios realizados por Overy et al. (2004) con niños de 6 años en una tarea semejante a la del presente trabajo, sólo que con fragmentos musicales más pequeños, se observaron patrones de activación en el reconocimiento melódico en el hemisferio derecho (HD) y en el reconocimiento rítmico en el hemisferio izquierdo (HI) con menor activación que en los adultos. Trehub (2003) también encontró en niños de 5 a 9 años un desarrollo conforme aumenta la edad para la detección de un semitono en melodías conocidas. Cabe mencionar una diferencia en comparación con nuestra investigación, en la cual existe un mayor grado de complejidad pues las melodías no son conocidas y además, los estímulos presentan cambios desde

un semitono y por otra parte, el rango de edad es un poco distinto, de 8 a 11 años.

Koelsh et al. (2005) por su parte, reportaron que ya a la edad de 10 años los niños son capaces de detectar la violaciones en la síntesis musical y que presentan diferentes patrones de activación que los adultos, lo cual también implica un desarrollo, principalmente de estructuras como áreas prefrontales, giro supramarginal y áreas temporales del hemisferio izquierdo y el giro supramarginal del hemisferio derecho. El giro supramarginal derecho está involucrado con el procesamiento de acordes irregulares y funciones de memoria de trabajo y está íntimamente relacionado con el área BA45 y regiones de surco frontal inferior que a su vez, está involucrada con la memoria de trabajo tanto para la información del tono musical y como lingüística (Zatorre et al., 1994).

En otros estudios se reportan resultados contradictorios o un poco diferentes a los encontrados en la presente investigación, por ejemplo, Peretz (2001) reporta que a los 6 años, los niños muestran evidencia del uso tanto del tiempo como del modo (mayor vs menor) a niveles equiparables a los adultos, mientras que en nuestros resultados se observa un desarrollo en el rango de 9 a 11 años, el cual es mayor en los niños. Otros estudios como el de Sloboda (1985) mencionan que los niños de 6 a 7 años se vuelven más conscientes de la convención cultural de la música que oyen, y desarrollan una mayor capacidad para reconocer los cambios en las melodías tonales, también son capaces de identificar la misma melodía presentada a una velocidad diferente. En este mismo sentido, Koelsch y Friderici (2003) mencionan que entre los 5 y 9 años los niños tienen ya un conocimiento implícito de la sintaxis musical; a esta edad los niños ya han sido expuestos a la música tonal mayor y menor, ésto es, a las regularidades tonales que subyacen a la música de su cultura.

En base a lo anterior, es evidente la importancia de tomar en cuenta las características de los participantes y la cultura a la que pertenecen, ya que si bien se habla de que las habilidades musicales son innatas, también se sabe que al igual que en el lenguaje, el contexto es determinante en el desarrollo de dichas habilidades. En este sentido, la edad en que inician estas habilidades va a depender del contexto del individuo, el tipo de estímulo, la instrucción de la tarea así como su complejidad y del sexo, por lo que son numerosos los

factores que influyen en cómo lo niños están discriminando los elementos musicales.

En relación con el efecto del sexo, en el presente estudio se encontraron diferencias significativas en las tareas de reconocimiento rítmico, escala e intervalo a favor de las niñas. Además, la correlación de la edad con el desempeño musical mostró diferencias sexuales: en las niñas, la correlación se dió con las tareas de reconocimiento de contorno, intervalo, ritmo y memoria; mientras que en los niños, se observó con ritmo y memoria.

En lo que concierne a la percepción musical, en la literatura las diferencias sexuales solo han sido reportadas en los estudios que hacen referencia principalmente a diferentes patrones de activación en las estructuras cerebrales. Tal es el caso de los estudios realizados por Koelsh et al. (2003), con potenciales relacionados a eventos (PREs) en niños y niñas de 5 y 9 años, cuya tarea consistió en detectar errores sintácticos musicales. Cuando estos errores ocurrían, se presentaba un componente cerebral negativo temprano predominantemente izquierdo en los niños y bilateral en las niñas. Al realizar el estudio con adultos encontraron que dicho componente mostraba clara predominancia en el HD en los hombres, mientras en las mujeres era bilateral (Koelsh et al., 2002). Al parecer la presencia de la negatividad temprana en el HI en los niños y en el derecho en los adultos se relaciona con el desarrollo de estructuras que subyacen a la detección de las regularidades musicales sintácticas, como es la corteza frontolateral inferior según Maess et al. (2001). Dicha región corresponde al área 44 de Brodman y equivale al área de Broca en el hemisferio izquierdo, la cual se activó de manera bilateral al detectarse la violación de la sintaxis musical por la presencia de un acorde napolitano en los estudios realizados por este grupo de investigadores.

Como ya se mencionó con anterioridad, la corteza prefrontal tiene un amplio desarrollo durante la infancia, adolescencia y adultez (Giedd, et al. 1999; Lenroot et al. 2008). Por otro lado, también se ha reportado la presencia de un P2m (el cual es el equivalente magnético de un potencial P2 eléctrico) en el giro medial del Heschl, predominantemente del hemisferio derecho, el cual ha sido vinculado al procesamiento tonal (Zatorre et al., 1992, Auzou et al., 1995, Levänen et al., 1996; Parsons, 2006; Baumgartner, 2006).

Estudios en humanos han mostrado que el lóbulo temporal también tiene una maduración lenta (Sowell et al., 2001; Sowell et al., 2003; Sowell et al., 2004; Gotay et al., 2004) que al parecer en una primera etapa está determinada por la organización posnatal de las hormonas sexuales (Overman et al. 1996 citado en Ramos-Loyo, 2002) y quizás posteriormente, por su activación al iniciar la pubertad (Killgore et al., 2001).

Nater et al. (2006) realizó un estudio en adultos con el objeto de conocer las diferencias sexuales en respuestas psicofisiológicas ante dos estímulos musicales: uno placentero en donde se presentó “música renacentista” y el otro dónde se presentó música displacentera como el “heavy metal”. Los resultados psicológicos no difirieron entre sexos, mientras que los resultados electrofisiológicos indicaron diferente reactividad en hombres y mujeres; las mujeres ante el estímulo displacentero presentaron una elevada curva en su nivel de alertamiento, mientras que los hombres no. En este estudio se demostró que las mujeres tienen mayor sensibilidad a estímulos musicales aversivos que los hombres.

Al parecer las diferencias sexuales en la manera en que se percibe y reconoce la música se observan desde edad temprana y se mantiene hasta la edad adulta, y posiblemente se trata de un proceso madurativo diferencial de las estructuras que participan en su percepción, y probablemente estas diferencias son influenciadas por la experiencia.

Relación entre las habilidades de reconocimiento emocional prosódico y musical.

Los resultados de nuestro trabajo sugieren que sí existe una relación entre las habilidades de reconocimiento emocional prosódico y musical, en el rango de 8 a 11 años y además ésta se da en función del sexo. Fue en los niños en quienes se observó esta relación directa.

Considerando la muestra completa, las emociones que contribuyen a la correlación por parte del reconocimiento prosódico fueron de enojo y miedo, principalmente el enojo el cual correlacionó directamente con los elementos musicales de escala, intervalo y ritmo, mientras que la emoción de miedo correlacionó con la escala. En los niños, las correlaciones fueron específicas

para la emoción de enojo con escala y contorno y; la emoción de miedo con escala y ritmo.

Se han relacionado las habilidades musicales y prosódicas emocionales durante el desarrollo ontogénico (Trehub, 2000, 2001, 2003; Pound y Harrison, 2002; Dalla et al., 2007). Esta relación es fomentada por la manera en que se dirigen los padres y cuidadores a los bebés, utilizando la variación del sonido, tanto en la manera en que les hablan, como en las canciones de cuna, para regular el estado emocional y conductual de los infantes (Trehub, 2000, 2001, 2003; Pound y Harrison, 2002; Español, 2006). Las variaciones entonacionales y melódicas se dan a través de elementos comunes a la prosodia emocional y la música (duración, intensidad, timbre y tono).

Se ha planteado que los niños procesan la música y el lenguaje de manera más similar a los adultos (Koelsh et al., 2003). Al parecer hay diferencias sexuales pues las mujeres procesan tanto la prosodia (Schirmer et al., 2002, 2003, 2004, 2005) como la música de manera bilateral de niñas y de adultas (Koelsh et al., 2002; Koelsh et al., 2003), mientras que en los hombres el procesamiento se encuentra lateralizado al hemisferio derecho en el caso de la comprensión de la prosodia emocional (Trauner, 1996, Buchanan et al., 2000) y en el caso de la música al izquierdo o derecho dependiendo si es niño o adulto, respectivamente (Koelsh et al., 2002; Koelsh et al., 2003).

Nuestros resultados en concordancia con lo antes expuesto, indican que existe un desarrollo diferente para las niñas y los niños; observamos que las niñas a lo largo de todas las tareas tanto en prosodia como música comienzan desde más pequeñas a reconocer mejor. Sin embargo, el reconocimiento de la prosodia emocional y la música en este rango de edad, sólo correlaciona para el caso de los niños, quienes presentan a la edad de 8 años menores puntajes que las niñas, pero igualan su desempeño a los 11. Estos resultados sugieren que los varones presentan un desarrollo más marcado en comparación con las niñas en esta etapa, pero que además ambos procesos prosódico y musical siguen un desarrollo paralelo que no se ve en las niñas.

Los pocos estudios que se han hecho relacionando el desarrollo de habilidades musicales y prosodia emocional no evalúan diferencias sexuales y en su mayoría, mencionan que el entrenamiento musical favorece el reconocimiento emocional (Thompson, et al., 2003, 2004; Schön et al., 2004;

Magne, et al., 2006; Patel y Iversen, 2007; Wong et al., 2007). En el estudio realizado por Thompson et al. (2004) se encontró que las lecciones de música mejoran la habilidad para decodificar emociones, tanto en la música como en la prosodia emocional, lo que ocurre tanto en niños como en adultos. Los niños de 7 años con entrenamiento en teclado obtuvieron mejor desempeño que los controles en el reconocimiento emocional, incluso que los niños que asistieron durante un año a clases de canto, o de drama y éstos últimos, se desempeñaron mejor que los controles. Cabe mencionar que los que llevaron clases de drama se especializaron en el entrenamiento de la voz al hablar (actuación) y el uso de la prosodia emocional; en todos los grupos la identificación de alegría y tristeza fue más fácil que la de miedo y enojo.

Thompson et al. (2003) reportaron que al parecer la habilidad musical que brinda el entrenamiento, permite expresar información emocional a través de la intensidad, el ritmo y la entonación y esto se refleja en una mayor habilidad para extraer e interpretar el significado emocional del habla. Los músicos tienen mayor habilidad para detectar incluso modulaciones finas del tono o frecuencia fundamental tanto en la música como en el lenguaje, por lo tanto la formación musical media el refinamiento en una red, donde se procesa la frecuencia, facilitando la detección de los cambios de tono no sólo en la música, sino también en el lenguaje. Schön et al. (2004) y Wong et al. (2007) sugieren que la experiencia para detectar el tono musical actúa sobre mecanismos sensoriales auditivos básicos los cuáles influyen en el procesamiento del lenguaje. Esto es aun cuando existan módulos separados para el lenguaje y la música, el nivel de divergencia se puede situar más allá del análisis acústico inicial y se extiende a la formación de recuerdos y asociaciones del sonido. En concreto, la experiencia de la percepción y el aprendizaje de una categoría de sonidos (música) puede facilitar la percepción y aprendizaje de otra categoría de sonidos (habla). Sugiriendo que la experiencia musical influye en el procesamiento del lenguaje a un nivel subcortical.

En este sentido, hay estructuras que se han detectado que participan en el procesamiento tanto de la prosodia emocional como en la discriminación musical. Estas estructuras también se han involucrado en el circuito de recompensa y la mayoría son parte del sistema límbico: amígdala, hipocampo,

ganglios basales, ínsula, cíngulo anterior, así también áreas corticales que presentan conexiones recíprocas con estas estructuras: áreas temporales, parietales y frontales. En estudios de maduración cerebral se ha reportado que estructuras como los lóbulos temporales, parietales y frontales presentan diferentes patrones de maduración a lo largo de la infancia, adolescencia y edad adulta, como ya se mencionó en párrafos anteriores. También se mencionó que tanto para los lóbulos parietales como los frontales las niñas presentan una ventaja de 1 a 2 años con respecto a la maduración, mientras que para el lóbulo temporal existe controversia en el periodo de maduración ya que algunos autores mencionan que su maduración es semejante en niños y niñas (Giedd, et al. 1999; Lenroot et. 2008) mientras que otros hacen referencia a una diferencia respecto a los patrones de maduración (Overman et al. 1996, citado en Ramos-Loyo, 2001). Por su parte, Sowell et al. (2001, 2002, 2003), hace referencia a una maduración tardía de los lóbulos temporales en niños y adolescentes en comparación con otras regiones corticales.

Podemos concluir que en esta etapa de maduración, de los 8 a los 11 años, se puede observar una mejoría en el reconocimiento tanto de la música como de las emociones a mayor edad que además, depende del sexo. Por otra parte, la relación esperada entre el reconocimiento de la música y de las emociones de enojo y miedo se presenta básicamente en los niños.

El efecto de la edad en los procesos de reconocimiento mencionados puede estar ligado a los cambios maduracionales del cerebro por una parte, y por otra a las influencias del contexto y la experiencia.

Sería interesante estudiar distintos rangos de edad para ver los efectos de la edad en el desarrollo de estas habilidades, desde la temprana infancia hasta la adultez. Por otra parte, estudiar las relaciones del reconocimiento emocional, musical y de la prosodia del lenguaje. El conocimiento en estas áreas permitiría facilitar la adquisición normal de las habilidades mencionadas y desarrollar estrategias de tratamiento en casos de algún tipo de patología, sea un problema de desarrollo, de lesión o de disfunción específica.

Referencias Bibliográficas

- Adolphs, R. & Tranel, D. (1999). Intact recognition of emotional prosody following amygdala damage. *Neuropsychologia*. 11, 1285-92.
- Adolphs, R., Damasio, A. & Tranel, D. (2002). Neural Systems for Recognition of Emotional Prosody: A 3-D Lesion Study. *Emotion*. 2, (1): 23–51.
- Afifi, A. & Bergman, R. (2006). *Neuroanatomía funcional. Texto & atlas. Segunda edición.* Ed. Mc Graw Hill. México.
- Alcaraz, V. (2001). Estructura y función del sistema nervioso: recepción sensorial y estados del organismo. Ed. El Manual Moderno. México
- Altenmüller, E. (2002). Neurología de la percepción musical. *Mente y Cerebro*. 1, 48-54.
- Amunts, K., Schleicher, A., Burgel, U., Mohlberg, H., Uylings, H. & Zilles, K. (1999). Broca's region revisited: Cytoarchitecture and intersubject variability. *Journal of Comparative Neurology*. 412, 319–341.
- Annett, M. (1967). The binomial distribution of rights mixed and left-handedness. *Q.J. Exp. Psychol.* 61, 303-321
- Anvari, S., Trainor L., Woodside, J. & Levy, B. (2002). Relations among musical skills, phonological processing and early reading ability in preschool children. *J. Experimental Child Psychology*. 83, 111–130
- Arce, E, Simmons, A., Lovero, K., Stein, M. & Paulus, M. (2008) Escitalopram effects on insula and amygdala BOLD activation during emotional processing. *Psychopharmacology*. 196, (4): 661-72
- Ardila, A. (1983). *Psicología del lenguaje.* Ed. Trillas. México.
- Ardila, A. (2006). *Las afasias.* Ed. Florida International University. Miami, Florida, EUA.
- Ardila, A. & Rosselli, M. (2007). *Neuropsicología clínica.* Ed. El Manual Moderno. México.
- Arias-Gómez, M. (2007). Música y neurología. *Neurología*. 22, (1): 39-45.
- AEDA: Asociación Española de Audiología. (2004). Normalización de las pruebas audiológicas (III): La impedanciometría. *Auditio: Revista electronica de audiometria*. 2: 51-55 <http://www.Auditio.com>.
- Auzou, P., Eustache, F., Etevenon, P., Platel H., Rioux, P., Lambert, J., Lechevalier, B., Zarifian, E. & Baron, J. (1995). Topographic EEG

activations during timbre and pitch discrimination tasks using musical sounds. *Neuropsychologia*. 33, 25–37.

Bach, D., Grandjean, D., Sander, D., Herdener, M., Strik, W. & Seifritz, E. (2008). The effect of appraisal level on processing of emotional prosody in meaningless speech. *NeuroImage*. 42, 919–927.

Baquero-Jiménez, M. & Payno-Vargas, M. (2001). Las amusias. *Neurol*. 32, (5): 453-462.

Barnea-Goraly, N., Menon, V., Eckert, M., Tamm, L., Bammer, R., Karchemiskiy, A., Dant, C. & Reiss, A. (2005). White matter development during childhood and adolescence: A cross-sectional diffusion tensor imaging study. *Cereb. Cortex*. 15, 1848–1854.

Baumgartner, T., Esslen, M. & Jäncke, L. (2006). From emotion perception to emotion experience: emotion evoked by pictures y and classical music. *Int. J. Psychophysiol*. 60, 34-43.

Belin, P., Zatorre, R.J., Lafaille, P., Ahad, P. & Pike, B. (2000). Voice-selective areas in human auditory cortex. *Nature*. 403, (20): 309-311.

Bendor, D. & Wang, X. (2005). The neuronal representation of pitch in primate auditory cortex. *Nature*. 436, (7054): 1161-1165.

Besouw, R. Howard, D. & Ternström, S. (2005, Dicember). Words vs pitch: Differences in the perception of speech y songs. Poster session presented at the Annals of the New York Academy of Sciences. New York. USA.

Bharucha, J., Curtis, M. & Paroo, K. (2006). Varieties of musical experience. *Cognition*. 100, 131-172.

Bigard, E., Parncutt, R. & Lerdahl, J. (1996). Perception of musical tension in short chord sequences: The influence of harmonic function, sensory dissonance, horizontal motion, and musical training. *Percept. Psychophys*. 58, 125-141.

Blood, A. & Zatorre, R. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc Natl Acad Sci USA*. 98, 11818–23.

Bowers, D., Coslett, H., Bauer, R., Speedie, L. & Kenneth, M. (1987). Comprehension Of Emotional Prosody Following Unilateral Hemispheric Lesions: Processing Defect Versus Distraction Defect. *Neuropsychologia*. 25, (2): 317-328.

Breitenstein, C., Van Lancker, D., Daum, I. & Waters, C. (2001). Impaired perception of vocal emotions in Parkinson's disease: influence of speech time processing and executive functioning. *Brain Cogn*. 45, 277– 314.

- Buchanan, T., Mirzazade, L., Specht, S., Shah, K., Zilles, N. & Jancke, K. (2000). Recognition of emotional prosody and verbal components of spoken language: an fMRI study. *Cogn. Brain. Res.* 9, 227–238.
- Bush, G., Luu, P. & Posner, M.I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends Cogn. Sci.* 4, 215– 222.
- Cahill, L. (2003). Sex-related influences on the neurobiology of emotional influenced memory. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 985, 163-173.
- Cahill, L. (2006). Why Sex Matters for Neuroscience. *Nature Neuroscience Reviews.* 7, 477-484.
- Caplan, D., Alpert, N. & Waters, G. (1999). PET-studies of syntactic processing with auditory sentence presentation. *Neuroimage.* 9, 343–351
- Carton, S., Kessler, A. & Pape, L. (1999). Nonverbal decoding skills and relationship well-being in adults. *Journal of Nonverbal Behaviour*, 23, 91–100.
- Casey B., Trainor R., Giedd J., Vauss Y., Vaituzis C., & Hamburguer S. (1997a). The role of the anterior cingulate in automatic and controlled processes: a developmental neuroanatomical study. *Dev Psychobiol.* 30, 61-9.
- Casey B., Trainor R., Orendi J., Schubert A., Nystrom L. & Giedd J. 1997b. A developmental functional MRI study of prefrontal activation during performance of a go-no-go task. *J Cognitive Neurosci.* 9, 835-47.
- Cheour-Luhtanen, M., AHlo, K., Sainio, K., Rinne, T., Reinikainen, K. & Pohjavuori, M. (1996). The ontogenetically earliest discriminative response of the human brain. *Psychophysiology Special Report.* 33, 478-81.
- Clascá, F. (2006). Anatomía funcional de las vías auditivas centrales. Facultad de medicina. Ed. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. España.
- Contreras, M., Ceric, F. & Torrealba, F. (2008). El lado negativo de las emociones: La adicción a drogas de abuso. *Rev Neurol.* 47, (9): 471-476.
- Dalla, S., Peretz, I. Rousseau, L. & Gosselin N. (2001). A developmental study of the affective value of tempo and mode in music. *Cognition.* 80, (3): 1-10.
- Dapretto, M. & Bookheimer, S. (1999). Form and content: Dissociating syntax and semantics in sentence comprehension. *Neuron.* 24, 427–432.
- DeBellis, M., Keshavam, M., Beers, S., Hall., J., Fristaco, K., Masalehadam, A., Noll J. & Boring, A. (2001). Sex differences in brain maturation during childhood and adolescence. *Cerebral Cortex.* 11, 552-557.

- DeCasper, A. & Fifer, W. (1980). Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices. *Science*. 208, 1174–1176.
- Decasper, A., Lecanuet, J., Busnel, M., Granier-Deferre, C. & Maugeais, R. (1994). Fetal reactions to recurrent maternal speech. *Infant Behav Dev*. 17, 159-64.
- Déllano, P., Robles I. & Robles, L. (2005). Sistema eferente auditivo. *Rev. Otorrinolaringol. Cir.* 65, 55-62
- Dennis, M. (1980). Capacity and strategy for syntactic comprehension after left or right hemidecortication. *Brain and Language*. 10, 287–317
- Devinsky, O., Morrell, M. & Vogt, B. (1995). Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. *Brain*. 118, 279–306
- Dissanayake, E. & Miall, D. (2003). The poetic of babytalk. *Human Nature*, 14, (4): 337-364.
- Español, S. (2006). Las artes del tiempo en psicología. *Actas de la V reunión de la Sociedad Argentina par las ciencias cognitivas de la música:SACCOM*. p9-25.
- Ethofer, T., Anders, S., Erb, M., Herbert, C., Wiethoff, S., Kissler, J., Grodd, W., & Wildgruber D. (2006a). Cerebral pathways in processing of affective prosody: A dynamic causal modeling study *NeuroImage*. 30, 580 – 587
- Ethofer, T., Pourtois, G., & Wildgruber, D. (2006b). Investigating audiovisual integration of emotional signals in the human brain. *Progress in Brain Research* 156, 345–361.
- Ethofer, T., Wiethoff, S., Anders, S., Kreifelts, B., Grodd, W. & Wildgruber, D. (2007). The voices of seduction: cross-gender effects in processing of erotic prosody. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2, (4): 334-7.
- Friederici, A., Meyer, M. & von Cramon, D. (2000a). Auditory language comprehension: An event-related fMRI study on the processing of syntactic and lexical information. *Brain and Language*. 74, 289–300.
- Friederici, A., Wang, Y., Herrmann, C., Maess, B. & Oertel, U. (2000b). Localization of early syntactic processes in frontal and temporal cortical areas: An MEG study. *Human Brain Mapping*. 11, 1–11.
- Fujiki, M., Brinton, B., Spackman, M., Tillig, T., Ricks, J., Huntington, T. & Atwood, K. (2006). Interpreting Prosodic Cues to Emotion Understanding by Children with Language Impairment. Brigham Young University, Provo, UT. Paper Presented at the Convention of the American Speech-Language-Hearing Association, Miami Beach, FL, Nov. 1-5.

- Fuster, J. M., (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*. 31, 373-385.
- Gaab, N., Gaser, C., & Schlaug, G. (2006). Improvement related functional plasticity following pitch memory training. *Neuroimage*. 31: 255–263.
- Gallardo, M. & Vera, C. (2003). Estudio de la vía auditiva central por medio de las respuestas evocadas auditivas del tronco encefálico, en niños con retraso en el lenguaje. *Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. 64, (1): 1-7.
- García-Molina A. (2009). Maduración de la corteza prefrontal y desarrollo de las funciones ejecutivas durante los primeros cinco años de vida. *Rev. Neurol*. 48, (8): 435-440.
- Gardiner, M. F., Fox, A., Knowles, F., & Jeffrey, D. (1996). Learning improved by arts training. *Nature*, 381, 284.
- Gerardi, G. & Gerken, L. (1995). The development of affective responses to modality and melodic contour. *Music. Perception*. 12, 279–290.
- Gerken L. (2004) Nine-month-olds extract structural principles required for natural language. *Cognition*. 93, 89–96.
- Gerstadt, C. L., Hong, Y. J. & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 3.5-7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*. 53, 129-153.
- Giedd, J., Blumenthal, J., Jeffries, N., Castellanos, F., Liu, H. & Zijden- Bos, A. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nat. Neurosci*; 2, 861-863.
- Gogtay, N., Giedd J., Lusk, L., Hayashi, K., Greenstein, D., Vaituzis, A., Nugent, T., Herman, D., Clasen, L., Toga, A., Rapoport, J. & Thompson, P. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proc Natl Acad Sci USA*. 101, 8174–8179.
- Goldstein, B. (1999). *Sensación y percepción*. Quinta edición. Thomson editores. México.
- Gosselin, N., Peretz, I., Johnsen E. & Adolphs, R. (2007). Amygdala damage impairs emotion recognition from music. *Neuropsychologia*. 45, 236–244
- Gosselin, N., Peretz, I., Noulhiane, M., Hasboun, D., Beckett, C. & Baulac, M. (2005). Impaired recognition of scary music following unilateral temporal lobe excision. *Brain*. 128, (3): 628–640.
- Grady, C., McIntosh, A. & Craik, F. (2005). Task-related activity in prefrontal cortex and its relation to recognition memory performance in young and old adults. *Neuropsychologia*. 43, 1466-1481

- Grandjean, D., Sander, D., Pourtois, G., Schwartz, S., Seghier, M., Scherer, K. & Vuilleumier, P. (2005). The voices of wrath: brain responses to angry prosody in meaningless speech. *Nat. Neurosci.* 8, (2): 145–146.
- Gregory, H., Worrall, L. & Sarge, A. (1996). The Development of Emotional Responses to Music in Young Children. *Motivation and Emotion.* 20, (4): 341-348.
- Griffiths T., Uppenkamp, S., Johnsrude, I., Josephs, O. & Patterson, R. (2001). Encoding of the temporal regularity of sound in the human brain stem. *Nature. Neuroscience.* 4, (6): 633-637.
- Griffiths, T. (2001). The Neural processing of complex sounds. En Zatorre, R. J. & Peretz, I. (eds). *The biological foundations of music*, (133-142). *Annals of the New York Academy of Sciences.* New York, USA.
- Griffiths, T.D Johnsrude I., Dean, J. & Green G. (1999) A common neural substrate for the analysis of pitch and duration pattern in segmented sound?. *Neuroreport.* 10, 3825–3830.
- Groenewegen, H. & Uylings, H. (2000). The prefrontal cortex and the integration of sensory, limbic and autonomic information. *Prog. Brain Res.* 126, 3–28.
- Gromko, J. E. & Poorman, A. S. (1998). The effect of music training on preschoolers' spatial-temporal task performance. *Journal of Research in Music Education*, 46(2), 173-181. EJ 612 202.
- Grossmann, T., Striano, T. & Friederici, A. (2005). Infants' electric brain responses to emotional Prosody. *Neuroreport.* 16, 1825-1828.
- Grossmann, T., Striano, T. & Friederici, A. (2006). Crossmodal integration of emotional information from face and voice in the infant brain. *Dev. Sci.* 9, (3): 309-315.
- Gunning-Dixon, F. & Raz, N. (2003). Neuroanatomical correlates of selected executive functions in middle-aged and older adults: A prospective MRI study. *Neuropsychologia.* 41, 1929–1941.
- Hall, J. (1978). Gender Effects in Decoding Nonverbal Cues. *Psychological Bulletin.* 85, (4): 845-857.
- Halpern, D. 2000. Sex Differences in cognitive abilities. Tercera edición. Ed. Lawrence Erlbaum Associates. New Jersey. USA.
- Harasty, J., Double, K., Halliday, G., Kril, J. & McRitchie, D. (1997). Language-associated cortical regions are proportionally larger in the female brain. *Arch. Neurol.* 54, (2): 171-176.

- Harman, C., Rothbart, M. & Posner, M. (1997). Distress and attention interactions in early infancy. *Motivation y Emotion*. 21, 27-43.
- Ho, Y., Cheung, M. & Chan, A. (2003). Music training improves verbal but not visual memory: Cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17(3), 439-450.
- Hoekert, M., René, S., Kahn, B., Pijnenborg, M. & Aleman, A. (2007). Impaired recognition and expression of emotional prosody in schizophrenia: Review and meta-analysis. *Schizophrenia Research*. 96, 135–145.
- Hornak, J., Bramham, J., Rolls, E., Morris, R., O'Doherty, J., Bullock P. & Polkey, C. (2003). Changes in emotion after circumscribed surgical lesions of the orbitofrontal and cingulate cortices. *Brain*. 126, 1691–1712.
- Husain, G., Thompson, W. & Schellenberg. E. (2002). Effects of musical tempo and mode on arousal, mood, and spatial abilities: Re-examination of the "Mozart effect". *Music Perception*. 20, 151–171.
- Huttenlocher, P. & DeCortén, C. (1987). The development of synapses in striate cortex man. *Human Neurobiology*. 6, 1-9.
- Iidaka, T., Okada, T., Murata, T., Omori, M., Kosaka, H., Sadato, N. & Yonekura, Y. (2002). Age-related differences in the medial temporal lobe responses to emotional faces as revealed by fMRI, Hippocampus. 12, 352–362.
- Imaizumi, S., Mori, K., Kiritani, S., Kawashima, R., Sugiura, M., & Fukuda, H. (1997). Vocal identification of speaker and emotion activates different brain regions. *Neuroreport*, 8, 2809-2812.
- Jaeger, J., Lockwood, A., Van Valin, R., Kemmerer, D., Murphy, B., & Wack, D. (1998). Sex differences in brain regions activated by grammatical and reading tasks. *NeuroReport*. 9, 2803–2807.
- Jakobson, L.S., Cuddy, L.L. & Kilgour, A.R. (2003). Time-tagging: A key to musicians' superior memory. *Music Perception*, 20, 307-313.
- Joanette, Y., Ansaldo, A., Kahlaoui, K., Cote, H., Abusamra, V., Ferreres, A. & Roch-Lecours, A. (2008). Impacto de las lesiones del hemisferio derecho sobre las habilidades lingüísticas: perspectivas teórica y clínica. *Rev. Neurol*. 46, (8): 481-488.
- Johnsrude, I., Penhune, V. & Zatorre, R.J. (2000). Functional specificity in the right human auditory cortex for perceiving pitch direction. *Brain*. 123, 155–163.
- Johnstone, T., van Reekum, C., Oakes T. & Davidson, R. (2006). The voice of emotion an fMRI study of neural responses to angry and happy vocal expressions. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci*. 1, (3): 242-249.

- Jones, C., Malone, T., Dirnberger, G., Edwards, M. & Jahanshahi, M. (2008). Basal ganglia, dopamine and temporal processing: performance on three timing tasks on and off medication in Parkinson's disease. *Brain Cogn.* 68, (1): 30-41.
- Joseph, R. (1996). *Neuropsychiatry, neuropsychology and clinical neuroscience: emotion, evolution, cognition, language, memory, brain damage and abnormal behavior*. Segunda edicion. ED. Williams y Wilkins. Baltimore. USA.
- Juslin, P. & Laukka, P. (2003). Communication of Emotions in Vocal Expression and Music Performance: Different Channels, Same Code? *Psychological Bulletin*. 129, (5): 770–814.
- Kandel, E., Jessell, T. & Schwartz, J. (1997). *Neurociencia y conducta*. Ed. Prentice Hall. España.
- Kandel, E., Schwartz, J. & Jessell, T. (2000). *Principles of neural science*. Cuarta edicion. Ed. McGraw-Hill. USA.
- Kilgour, A. R., Jakobson, L. S., & Cuddy, L. L. (2000). Music training and rate of presentation as mediators of text and song recall. *Memory & Cognition*, 28, 700–710.
- Killgore, W., Mika, O., Deborah, & Yurgelun-Todd, A. (2001). Sex-specific developmental changes in amygdala responses to affective faces *Neuroreport*. 12, (2): 427- 433.
- Koelsch S., Grossmann T., Gunter T.,Hahne A., Schroger E. & Friederici A. (2003). Children Processing Music: Electric Brain Responses Reveal Musical Competence and Gender Differences. *Journal of Cognitive Neuroscience* 15, (5): 683–693.
- Koelsch, S. (2006). Significance of Broca's area and ventral premotor cortex for music-syntactic processing. *Cortex*. 42, (4): 518-520.
- Koelsch, S. & Friederici, A. (2003). Towards the neural basis of processing structure in music: comparative results of different neurophysiological investigation methods (EEG, MEG, fMRI). *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 999, 15–27.
- Koelsch, S., Fritz, T., Schulze, K., Alsop, D.. & Schlaug, G.. (2005). Adults and children processing music: An fMRI study- *NeuroImage*. 25, (4): 1068-1076.
- Koelsch, S., Gunter, T., Grossmann, T., Cramon, D., Zysset, S., Lohmann, G. & Friederici, A. (2002). Bach Speaks: A Cortical “Language Network” Serves the Processing of Music. *NeuroImage* 17, 956–966

- Kotz, S., Meyer, M., Alter, K., Besson, M., von Cramon, Y. & Friederici, A. (2003). On the lateralization of emotional prosody: an event-related functional MR investigation. *Brain and Language*, 86, 366–376.
- Kreifelts, B., Ethofer, T., Shiozawa, T., Grodd, W. & Wildgruber, D. 2009. Cerebral representation of non-verbal emotional perception: fMRI reveals audiovisual integration area between voice- and face-sensitive regions in the superior temporal sulcus. *Neuropsychologia* 47, 3059–3066
- Krunhanskm, C. (1997). An exploratory study of musical emotions and psychophysiology. *Can. J. Exp. Psychol.* 51, 336-352.
- Lamb, S. J., & Gregory, A. H. (1993). The relationship between music and reading in beginning readers. *Educational Psychology*, 13, 19–27.
- Lenroot, R., Gogtay, N., Greenstein, D., Wells, E., Wallace, G., Clasen, L., Blumenthal, J., Lerch, J., Zijdenbos, A., Evans, A., Thompson, P. & Giedd, J. (2007). Sexual dimorphism of brain developmental trajectories during childhood and adolescence. *Neuroimage*. 36, 1065-1073.
- Lerch, J., Worsley, K., Shaw, Greenstein, D., Lenroot, R., Giedd, J. & Evans, A. (2006). Mapping anatomical correlations across cerebral cortex using cortical thickness from MRI. *NeuroImage*. 31, 993–1003.
- Levänen, S., Ahonen, A., Hari, R., McEvoy, L. & Sams, M. (1996). Deviant auditory stimuli activate human left and right auditory cortex differently. *Cereb. Cortex*. 6, 288–296.
- Lieberman, A.M., Mattingly, I.G., 1985. The motor theory of speech perception revised. *Cognition* 21 (1), 1– 36.
- Lieberman, M. (2000) Intuition: a social cognitive neuroscience approach. *Psychol Bull.* 126, (1): 109-137.
- Lobaugh, N., Gibson, E. & Taylor, M. (2006). Children recruit distinct neural systems for implicit emotional face processing. *Neuroreport*. 17 (2): 215-219.
- Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. & Friederici, A. (2001). “Musical syntax” is processed in the area of Broca: An MEG-study. *Nature Neuroscience*. 4, 540–545.
- Magne, C., Schön, D. & Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children: behavioral and electrophysiological approaches. *J. Cogn. Neurosci.* 18, (2): 199-211.
- Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A. & Ostrosky, F. (2004). Cuestionario para padres de Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI). Ed. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México.

- McDermott, J. & Hauser, M. (2005). The Origins Of Music: Innateness, Uniqueness, And Evolution. *Music Perception*. 23, (1): 29-59.
- Mecklinger A, Gruenewald C, Besson M, Magnié MN., & Von Cramon D.Y. (2002). Separable neuronal circuitries for manipulable and non-manipulable objects in working memory. *Cereb Cortex*. 12(11):1115-23.
- Menon V. & Levitin D. (2005). The rewards of music listening: response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage*. 28, (1): 175-84.
- Mitchell, R. (2007). fMRI delineation of working memory for emotional prosody in the brain: Commonalities with the lexico-semantic emotion network. *NeuroImage* 36, 1015–1025
- Mitchell, R. & Ross, E. (2008). fMRI evidence for the effect of verbal complexity on lateralization of the neural response associated with decoding prosodic emotion. *Neuropsychologia*. 46, 2880-2887.
- Mitchell, R., Elliott, R., Barry, M., Cruttenden, A. & Woodruff, P. (2003). The neural response to emotional prosody as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Neuropsychologia*. 41, 1410–1421.
- Monk, Ch., McClure, E., Nelson, E., Zarahn, E., Bilder, R., Leibenluft, E., Charney, D., Ernst, M., & Pine, D. (2003). Adolescent immaturity attention-related brain engagement to emotional facial expressions. *NeuroImage* 20, 420–428
- Montilla, P. (1999). *El cerebro y la música*. Ed. Universidad de Córdoba. España.
- Morley, I. (2003). *The evolutionary origins and archaeology of music*. Doctor of Philosophy Thesis. Cambridge University. United Kingdom.
- Morris, A., Ohman, R. & Dolan, J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdale. *Nature*. 393, 467-470.
- Morris, J., Scott, S. & Dolan, R. (1999). Saying it with feeling: neural responses to emotional vocalizations. *Neuropsychologia*. 37, (10): 1155–1163.
- Morton, B. & Trehub, S. (2001). The children's understanding of emotion in speech. *Child Development*. 72, (3): 834-843.
- Nater, U., Abbruzzese, E., Krebs, K. & Ehler, U. (2006). Sex differences in emotional and psychophysiological responses to musical stimuli. *International Journal of Psychophysiology*. 62, 300–308.
- Overy, K., Norton, A., Cronin, K., Gaab, N., Alsop, D., Winner, E. & Schlaug G. (2004). Imaging melody and rhythm processing in young children. *Neuroreport*. 15, 723-726.

- Oyuela-Vargas & Pardo-Véles. (2003). Diferencias de género en el reconocimiento de expresiones faciales emocionales. *Univ. Psychol. Bogotá (Colombia)*. 2, (2): 151-168.
- Parsons, L. (2006). Exploring the functional neuroanatomy of music performance, perception and comprehension. En Peretz, I. & Zatorre, R. (eds) *The cognitive neuroscience of music*.(pp211-231) New York. EUA: Oxford University Press.
- Patel, A.D. & Iversen, J.R. (2007). The linguistic benefits of musical abilities. *Trends Cogn. Sci.* 11, (9): 369-372.
- Patel, A. D., Peretz, I., Tramo, M. & Labreque, R. (1998). Processing Prosodic and Musical Patterns:A Neuropsychological Investigation. *Brain and Language* 61, 123–144.
- Patel, A.D. (2005). The relationship of music to the melody of speech and to syntactic processing disorders in aphasia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 59-70.
- Patel, H., Price, C., Baron, J., Wise, R., Lambert, J., Frackowiak, R. (1997) The structural components of music perception. A functional anatomic study. *Brain*. 120, 229-43.
- Paus, T., Zijdenbos, A., Worsley, K., Collins, D., Blumenthal, J., Giedd, J., Rapoport, J. & Evans, A. (1999). Structural maturation of natural pathways in childrens and adolescents: in vivo study. *Science*. 283, (5409): 1908-1911.
- Pell M. (2007). Reduced sensitivity to prosodic attitudes in adults with focal right hemisphere brain damage. *Brain and Language*. 101, 64–79.
- Pell, M. & Leonard, C. (2003). Processing emotional tone from speech in Parkinson's disease: a role for the basal ganglia. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 3, 275– 288.
- Penagos, H., Melcher, J. & Oxenham, A. (2004). A neural representation of pitch salience in nonprimary human auditory cortex revealed with functional magnetic resonance imaging. *J. Neurosci.* 24, (30): 6810-6815.
- Penhune, V., Zattore, R. J. & Evans A. (1998). Cerebellar contributions to motor timing: a PET study of auditory and visual rhythm reproduction. *J. Cogn. Neurosci.* 10, (6): 752-765.
- Peretz, I. (2001) Listen to the brain: The biological perspective on musical emotions. In, J.A. Sloboda & P. Juslin (Eds.), *Music and Emotion: Theory and Research*. Oxford: Oxford University Press.

- Peretz, I. & Coltheart, M. (2003) Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*. 6(7): 688-691.
- Peretz, I. & Kolinsky R. (1993). Boundaries of separability between melody and rhythm in music discrimination: a neuropsychological perspective. *Q. J. Exp. Psychol. A*. 43, 301-325.
- Peretz, I. & Zatorre, R. J. (2005). Brain organization for music processing. *Annu. Rev. Psychol.* 56, 89–114.
- Peretz, I., Champod A. & Hyde K. (2003). Varieties of musical disorders. The Montreal Battery of Evaluation of Amusia. *Ann N Y Acad Sci*. 999, 58-75.
- Peretz, I., Gagnon, L. & Bouchard, B. (1998). Music and Emotion: perceptual determinants, immediacy and isolation after brain damage. *Cognition*. 68, 111-141.
- Peretz, L. & Hyde, K. (2003) What is specific to music processing Insights from congenital amusia?. *Trends in Cognitive Sciences*. 7, (8): 362-67.
- Phan, K., Wager, T., Taylor, S. & Liberzon, I. (2004). Functional Neuroimaging Studies of Human Emotions. *CNS Spectrums*. 9 (4): 258-266.
- Phillips-Silver, J. & Trainor, L. (2005). Feeling the beat: movement influences infant rhythm perception. *Science*. 308, (5727): 1430-1435.
- Plate, E., Schmitthorst, V., Holland, S. & Byars, W. (2006). Sex differences in the activation of language cortex during childhood. *Neuropsychologia*. 44, 1210-1221.
- Plutchik, R. (1987). *Emociones*. Ed. Diana. México.
- Poch O. (2001). *Neurobiología del desarrollo temprano*. Contextos educativos. 4, 79-94.
- Poeppl, D., Guillemin, A., Thompson, J., Fritz, J., Bavelier, D. & Braun, A. (2004). Auditory lexical decision, categorical perception, and FM direction discrimination differentially engage left and right auditory cortex. *Neuropsychologia*. 42, 183–200.
- Portellano, P. (1992). *Introducción al estudio de las asimetrías cerebrales*. Ciencias de la educación preescolar y especial. Madrid.
- Posner, M. & Rothbart, M. (1998). Attention, self-regulation and consciousness. *Phil.Trans. R. Soc. Lond. B*. 353, 1915-1927
- Pound, L. & Harrison, C. (2003). *Supporting musical development in the early years*. Ed. Open University Press. Great Britain.
- Pugh, K., Shaywitz, B., Shaywitz, S., Pugh, K., Constable, R., Skudlarski, P., Fulbright, R., Bronen, R., Shankweiler, D., Katz, L., Fletcher, J. & Gore, J.

- (1996). Cerebral organization of component processes in reading. *Brain*. 119, 1221–1238.
- Rains D. (2004). *Principios de neuropsicología humana*. Ed. Mc Graw Hill. México.
- Ramos Loyo, J. (2001). Diferencias sexuales en el cerebro: relación entre conducta, anatomía y función. En: V. M. Alcaraz Romero & E. Gumá Díaz (eds). *Texto de neurociencias cognitivas* (pp23-47). Ed. El Manual Moderno. México. D.F.
- Ramos Loyo, J. (2002). Neurobiología de la emoción y su relevancia. En: la motivación social en M. Hernández (eds). *Motivación animal y humana* (pp331-356). Ed. El Manual Moderno. México. D.F.
- Ramos Loyo, J. (2008). Bases neurales del procesamiento musical. En: E. Matute & S. Guajardo (eds). *Tendencias actuales en las ciencias cognitivas*. (pp33-64). Ed. Universidad de Guadalajara. México.
- Reiss A., Abrams M., Singer H., Ross J., & Denckla M. (1996) Brain development, gender and IQ in children. A volumetric imaging study. *Brain*. 119, 1763–1774.
- Reiterer, S., Erb, M., Droll, C., Anders, S., Ethofer, T., Grodd, W. & Wildgruber, D. (2005). Impact of task difficulty on lateralization of pitch and duration discrimination. *Neuroreport*. 16, (3): 239-42.
- Rodríguez, A., Lázaro, P., Blanco, J.M., Bernadas, D., Oliver J.M. & Longhi, L. (1999). Modelización acústica de la expresión emocional en el español. *Procesamiento del lenguaje natural*. 25, (159-166).
- Rosselli, M., Matute, E. & Ardila, A. (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. Editorial el manual moderno.
- Rymarczyk, K. & Grabowska, A. (2007). Sex differences in brain control of prosody. *Neuropsychologia*. 45, (5): 921-30.
- Sander, D., Grandjean, D., Pourtois, G., Schwartz, S., Seghier, M., Scherer, K. & Vuilleumier, P. (2005). Emotion and attention interactions in social cognition: brain regions involved in processing anger prosody. *Neuroimage*. 28, 848–858.
- Sanz-Martin, A. & Ramos Loyo, J. (2001). Diferencias sexuales en el procesamiento emocional. *Revista Mexicana de Psicología*. 18, (3): 373-386.
- Scherer, K. (1995). Expression of Emotion in Voice and Music. *Journal of Voice*, Vol. 9, No. 3, pp. 235-248.

- Scherer, K.R., 1986. Vocal affect expression: a review and a model for future research. *Psychol. Bull.* 99, 143–165
- Schirmer, A. & Kotz, S. (2003). ERP evidence for a gender specific Stroop effect in emotional speech, *J. Cogn. Neurosci.* 15, 1135–1148.
- Schirmer, A. & Kotz, S. (2006). Beyond the right hemisphere: brain mechanisms mediating vocal emotional processing. *Trends. Cogn. Sci.* 10, 24-30.
- Schirmer, A., Kotz, S. & Friederici A. (2002). Sex differentiates the role of emotional prosody during word processing. *Brain. Res. Cogn. Brain. Res.* 14, (2): 228-33.
- Schirmer, A., Kotz, S. & Friederici A. (2005). On the role of attention for the processing of emotions in speech: sex differences revisited. *Brain. Res. Cogn. Brain. Res.* 24, (3): 442-52.
- Schirmer, A., Zysset, S., Kotz, A. & von Cramon, D. (2004). Gender differences in the activation of inferior frontal cortex during emotional speech perception. *NeuroImage.* 21,1114–1123.
- Schmithorst, V., Wilke, M., Dardzinski, B.J., & Holland, S. (2002). Correlation of White Matter Diffusivity and Anisotropy with Age during Childhood and Adolescence: A Cross-sectional Diffusion-Tensor MR Imaging Study. *Radiology.* 222(1): 212–218
- Schön, D., Magne, C. & Besson, M. (2004). The music of speech: music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology.* 41, (3): 341-9.
- Scott, S., Young, A., Calder, A., Hellawell, D., Aggleton, J. & Johnson, M. (1997). Impaired auditory recognition of fear and anger following bilateral amygdala lesions. *Nature*, 385, 254–257.
- Sloboda, J. (1985). *The musical Mind.* Oxford: Oxford University Press.
- Small, D., Zatorre, R. & Jones-Gotman, M. (2001). Increased intensity perception of aversive taste following right anteromedial temporal lobe removal in humans. *Brain.* 124, 1566–75.
- Sokhi, D., Hunter, M., Wilkinson, I. & Woodruff, P. (2005). Male and female voices activate distinct regions in the male brain. *Neuroimage.* 27, (3): 572-578.
- Sowell, E., Delis, D., Stiles, J. & Jernigan, T. (2001a). Improved memory functioning and frontal lobe maturation between childhood and adolescence: a structural MRI study. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 7, 312–322.

- Sowell, E., Peterson, B., Thompson, P., Welcome, S., Henkenius, A. & Toga, A. (2003). Mapping cortical change across the human life span. *Nat. Neurosci.* 6, 309–315.
- Sowell, E., Thompson P., Holmes, C., Jernigan, T. & Toga, A. (1999a). In vivo evidence for post-adolescent brain maturation in frontal and striatal regions. *Nat. Neurosci.* 2, 859–861.
- Sowell, E., Thompson, P., Holmes, C., Bath, R., Jernigan, T. & Toga, A. (1999b) Localizing age-related changes in brain structure between childhood and adolescence using statistical parametric mapping. *NeuroImage* 9, 587–597.
- Sowell, E., Thompson, P., Leonard, Ch., Welcome, S., Kan, E. & Toga A. (2004). Longitudinal Mapping of Cortical Thickness and Brain Growth in Normal Children. *The Journal of Neuroscience.* 24, (38): 8223– 8231
- Sowell, E., Thompson, P., Tessner K. & Toga A. (2001b) Mapping continued brain growth and gray matter density reduction in dorsal frontal cortex: Inverse relationships during postadolescent brain maturation. *J. Neurosci.* 21, 8819–8829.
- Stewart, L., Henson, R., Kampe, K., Walsh, V., Turner, R. & Frith, U. (2003). Brain changes after learning to read and play music. *Neuroimage.* 20, 71–83.
- Stewart, L., Kriegstein, K., Warren, J. & Griffiths, T. (2006). Music and the brain: disorders of musical listening. *Brain.* 129, 2533-2553.
- Tekin, S. & Cummings J. (2002). Frontal-Subcortical neural circuits and clinical neuropsychiatry. An update. *Journal of Psychosom Research:* 53, 647-654
- Theissen, E. & Saffran, J. (2003). When cues collide: When prosody fails to cue syntactic structure: 9-month-olds' sensitivity to phonological versus syntactic phrases. *Developmental Psychology.* 39, 706–716.
- Thompson, P., Giedd, J., Woods, R., MacDonald, D., Evans, A. & Toga, A. (2000). Growth patterns in the developing brain detected by using continuum mechanical tensor maps *Nature.* 404, 190-194.
- Thompson, W., Schellenberg, E. & Husain, G. (2004). Decoding Speech Prosody: Do Music Lessons Help? *Emotion.* 4, (1): 46–64.
- Thompson, W., Schellenberg, E. & Husain, G. (2001). Arousal, mood, and the Mozart effect. *Psychological Science.* 12, 248–251.
- Thompson, W., Schellenberg, E. & Husain, G. (2003). Perceiving prosody in speech: Effects of music lessons. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 999, 530–532.

- Tillmann, B. (2005). Implicit investigations of tonal knowledge in nonmusician listeners. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1060, 100-10.
- Torras, M., Portell, I. & Morgado, I. (2001). La amígdala: Implicaciones funcionales. *Revista de Neurología*, 33, 471-476.
- Trauner, D., Ballantyne A., Friedland, S. & Chase Ch., (1996). Disorders of affective and linguistic prosody in children alter early unilateral brain damage. *Annals of neurology*. 39, 361-367.
- Trehub, S. (2001). Musical predispositions in infancy. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 930, 1-16.
- Trehub, S. (2003). Human processing predispositions and musical universals. En N. L. Wallin, B. Merker y S. Brown (eds), *The origins of music* (427-448). Cambridge, MA: MIT Press.
- Trehub, S. (2003). Musical predispositions in infancy: An update. Ed. Peretz y R. Zatorre. *The cognitive neuroscience of music*. New York: Oxford University Press. Pp. 3–20.
- Villeneuve, S. & Peretz, I. (2005). Étude préliminaire de la version pour enfants de la Batterie de Montréal d'évaluation de l'amusie (BMEA). En Taillon, A., (2005) *Guide de compilation et d'analyse de données pour la version enfants de la Batterie de Montréal d'Évaluation de l'Amusie (BMEA)*. (31-32) *Tutorials in Quantitative for Psychology*. Université de Montréal. Canada.
- Vogt B., Finch D. & Olson C. (1992). Functional Heterogeneity in Cingulate Cortex: The Anterior Executive and Posterior Evaluative Regions *Cereb. Cortex* 2, (6): 435-443
- Wechsler, D. (1982). *WISC-IV, Escala de inteligencia de Wechsler para niños*. Ed. El Manual Moderno. México.
- Wager, T.D., Phan, K.L., Liberzon, I. & Taylor, S.F., 2003. Valence, gender, and lateralization of functional brain anatomy in emotion: a metaanalysis of findings from neuroimaging. *NeuroImage* 19, 513–531.
- Whitaker, K., Shannon, H., Kolind, S., MacKay, A. & Clark, C. (2008). Quantifying development: Investigating highly myelinated voxels in preadolescent corpus callosum. *NeuroImage*. 43, 731–735.
- Wiethoff, S., Wildgruber, D., Kreifelts, B., Becker, H., Herbert, C., Grodd, W. & Ethofer, T. (2008). Cerebral processing of emotional prosody-influence of acoustic parameters and arousal. *Neuroimage*. 39, (2): 885-893.

- Wildgruber, D., Ackermann, H., Kreifelts, B. & Ethofer, T. (2006). Cerebral Processing of Linguistic and Emotional Prosody: fMRI Studies. Manuscript submitted to Progress in Brain Research, January 31.
- Wildgruber, D., Ethofer, T., Kreifelts B. & Grandjean, D. (2008). Cerebral processing of emotional prosody: a network model based on fMRI studies. University of Tübingen. Germany. <http://aune.lpl.univ-aix.fr/~sprosig/sp2008/papers/6inv.pdf>
- Wildgruber, D., Hertrich, I., Riecker, A., Erb, M., Anders, S., Grodd, W. & Ackermann, H. (2004). Distinct frontal regions subserve evaluation of linguistic and emotional aspects of speech intonation. *Cereb. Cortex*. 14, 1384–1389.
- Wildgruber, D., Pihan, H., Ackermann, H., Erb, M. & Grodd, W. (2002). Dynamic brain activation during processing of emotional intonation: influence of acoustic parameters, emotional valence, and sex. *NeuroImage*. 15, 856–869.
- Wildgruber, D., Riecker, A., Hertrich, I., Erb, M., Grodd, W., Ethofer, T. & Ackermann, H. (2005). Identification of emotional intonation evaluated by fMRI. *NeuroImage*. 24, 1233–1241.
- Willems E. (2001). *El oído musical: La preparación auditiva del niño*. Ed. Paidós. Argentina.
- Wong, P., Skoe, E., Russo, N., Dees, T., & Kraus, N. (2007). Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature Neuroscience*. 10, 420-422.
- Xu, D., Liu, T., Ashe, J. & Bushara, K. (2006). Role of the olivo-cerebellar system in timing. *J. Neurosci*. 26, (22): 5990-5995.
- Yackovlev, P. & LeCours A. (1967). Regional development of the brain in early life. The myelogenetic cycles of regional maturation of the brain. Ed. Minkowsky. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Yin H. (2010) The sensorimotor striatum is necessary for serial order learning. *J. Neurosci*. 30, (44): 14719-14723.
- Zatorre, R. J. (2001). Neural specializations for tonal processing. En Zatorre, R. J. & Peretz, I. (eds). *The biological foundations of music*.(193– 210). New York, USA: Annals of the New York Academy of Sciences .
- Zatorre, R .J. & Peretz, I. (eds) (2001). *The biological foundations of music*. Annals of the New York Academy of Sciences. 930.
- Zatorre, R. J., Evans, A. & Meyer, E. (1994). Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *Journal of Neuroscience*. 14, 1908–1919.

Zatorre, R. J., Evans, A., Meyer, E. & Gjedde, A. (1992). Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing. *Science*. 256, 846–849.

Zentner, M. & Kagan, J. (1996). Perception of music by infants. *Nature*. 383, (6595): 29-37.

Anexos:

Anexo A1

Consentimiento para participar en el proyecto de investigación:

Relación entre el Procesamiento Auditivo de Orden Temporal, el Desarrollo Lector y la Velocidad de Denominación en Niños de 8 a 11 años de edad.

Guadalajara, Jalisco a _____ de _____ de 2007.

Por medio de la presente autorizo a que mi hijo (a): _____

participe en el proyecto denominado **“Relación entre el procesamiento auditivo de orden temporal, el desarrollo lector y la velocidad de denominación en niños de 8 a 11 años de edad”**, el cual fue aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara y cuyo objetivo general es estudiar la probable relación entre el desarrollo de la lectura, la velocidad de denominación y el procesamiento auditivo de orden temporal en niños en etapa escolar.

Se me ha explicado que su participación consistirá en asistir a una sola sesión matutina, de aproximadamente 4 horas de duración, en las instalaciones del Instituto de Neurociencias, en la que se realizará una audiometría y una evaluación conductual con la aplicación de la versión corta del WISC-IV (Subtest de Vocabulario y Diseño con Cubos), una Batería de Denominación (dibujos, letras, números y colores), una evaluación corta de lectura y finalmente la aplicación de la Prueba de Procesamiento Auditivo de Orden Temporal (TOT). El TOT es una prueba computarizada de discriminación de secuencias de estímulos auditivos de diferente altura y duración. En caso de que, como resultado de la evaluación, sea detectado un problema auditivo seré informado de manera verbal sobre el mismo y el Instituto de Neurociencias y los investigadores del proyecto no asumen ninguna responsabilidad en el tratamiento que pudiera requerirse.

Declaro que he sido informado ampliamente del procedimiento de evaluación y de que durante el mismo no se aplicará ningún medicamento y no se realizará ningún procedimiento que ponga en riesgo la salud física o emocional de mi hijo (a), la Dra. Fabiola Gómez Velázquez se compromete a responder todas las dudas que surgieran sobre el mencionado procedimiento.

Consiento de manera voluntaria en la participación de mi hijo (a) siempre y cuando podamos desistir de la misma en cualquier momento, y se mantengan en estricta confidencialidad la información que yo proporcione así como nuestros nombres. Este consentimiento no libera a los investigadores o a la institución de su responsabilidad ética con nosotros.

La presente información me fue proporcionada por la Dra. Fabiola R. Gómez Velázquez.

Nombre y firma del Padre o Tutor

Anexo A2 y A3

CUESTIONARIO NEUROLÓGICO
LABORATORIO DE NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA, INSTITUTO DE
NEUROCIENCIAS

NOMBRE: _____

___ CODIGO: _____

FECHA NAC: _____ EDAD: _____ GRADO: _____

MANUALIDAD: _____

TELÉFONOS:

FECHA: _____

➤ **DESARROLLO:**

Considera que fue normal el desarrollo: _____ Ha recibido tratamiento
de: _____

Del lenguaje: _____ Terapeuta de
aprendizaje: _____

Motor: _____

Psicólogo: _____ Psiquiatra: _____

Adaptación a la escuela: _____

Neurólogo: _____ Neurocirujano: _____

Motivo: _____

➤ **ANTECEDENTES PATOLÓGICOS:**

- Al momento del nacimiento presentó hipoxia o ictericia:

- Traumatismo cráneo-encefálico SI _____ NO _____ Edad al
momento del evento: _____

Pérdida de conciencia SI ___ NO ___ Duración: _____

Secuelas: _____

- Cefalea SI ___ NO ___

Frecuencia: _____

- Crisis convulsivas SI ___ NO ___ Frecuencia: _____

Tipo: _____

Tratamiento: _____

- Actualmente toma medicamento: SI ___ NO ___

Cuál: _____

Diagnóstico y tiempo de
tratamiento: _____

- Necesita lentes, aparato para oír o tiene alguna dificultad para mover o usar
alguna de sus extremidades:

- Algún familiar directo presentó en su infancia dificultades para aprender a
leer o problemas de atención.

- Ha presentado alguna vez infección en el oído:

OBSERVACIONES GENERALES:

Anexo A4

ESCALA DE CALIFICACIÓN PARA PADRES CONNERS

Fecha: _____

Nombre del niño: _____

Edad: _____ Fecha de Nacimiento: _____ Grado: _____

Nombre de los padres: _____

Instrucciones: Por favor, responda a todas las preguntas. A un lado de cada uno de los reactivos que se encuentran a continuación, indique el grado de problema con una marca (X).

	Nunca	Solo un poco	Bastante	Muc ho
1.- Se escarba o jala (las uñas, dedos, cabello, ropa).				
2.- Es insolente con los adultos.				
3.- Tiene problemas para hacer o conservar amigos.				
4.- Es excitable, impulsivo.				
5.- Quiere controlar las cosas.				
6.- Chupa o mastica (el dedo, ropa, cobija).				
7.- Llora con facilidad o con frecuencia.				
8.- Busca problemas.				
9.- Es soñador.				
10.- Tiene dificultades para aprender.				
11.- Es inquieto, no puede dejar de moverse.				
12.- Es temeroso (de situaciones nueva, nuevas personas, o lugares, de ir a la escuela).				
13.- Está inquieto, siempre está de un lado a otro.				
14.- Es destructivo.				
15.- Dice mentiras o historias que no son ciertas				
16.- Es tímido.				
17.- Se mete en más problemas que los demás niños de su edad.				

18.- Habla de manera diferente a otros niños de su edad (habla infantil, tartamudea, es difícil entenderle):				
19.- Niega errores o culpa a otros.				
20.- Es pendenciero.				
21.- Hace pucheros o está malhumorado.				
22.- Roba.				
23.- Es desobediente u obedece pero con resentimiento.				
24.- Se preocupa más que otros (de estar solo, de enfermedad o muerte).				
25.- No termina las cosas.				
	Nunca	Solo un poco	Bastante	Mucho
26.- Se hiere emocionalmente con facilidad.				
27.- Es abusivo con los demás.				
28.- Es incapaz de cesar una actividad repetitiva.				
29.- Es cruel.				
30.- Es infantil o inmaduro (desea ayuda que no debería necesitar, depende de otros, necesita constantemente afirmaciones de seguridad).				
31.- Es distraído o tiene problemas de lapso de atención.				
32.- Tiene dolores de cabeza.				
33.- Cambia de estado de ánimo de manera rápida y drástica.				
34.- No le gusta seguir o no sigue las reglas o restricciones.				
35.- Pelea constantemente.				

36.- No se lleva bien con hermanos o hermanas.				
37.- Se frustra con facilidad ante los esfuerzos.				
38.- Molesta a otros niños.				
39.- Es básicamente un niño infeliz.				
40.- Tiene problemas con la comida (poco apetito, se levanta de la mesa entre bocados).				
41.- Tiene dolores de estómago.				
42.- Tiene problemas de sueño (no puede dormir, se levanta demasiado temprano, se levanta por la noche).				
43.- Tiene otros dolores o molestias.				
44.- Vómito o náuseas.				
45.- Se siente traicionado en el círculo familiar.				
46.- Alardea y es fanfarrón.				
47.- Deja que los demás lo dominen.				
48.- Tiene problemas intestinales (con frecuencia tiene diarrea, hábitos irregulares para ir al baño, estreñimiento).				
SUBTOTAL				
Puntuación por factor:				
Factor 1: _____				
Factor 2: _____				
Factor 3: _____				
Factor 4: _____				
Factor 5: _____				
Factor 6: _____				

Anexo A5

PRUEBA DE ANNETT PARA MANUALIDAD:

Responda con cuál de las manos realiza habitualmente cada una de las siguientes actividades marcando con una cruz la columna correspondiente.

Clasificación: _____

	DERECHA	IZQUIERDA
CUALQUIERA		
1.- ESCRIBIR CON LÁPIZ _____	_____	_____
2.- LANZAR PELOTAS _____	_____	_____
3.- EMPUÑAR RAQUETA _____	_____	_____
4.- ENCENDER CERILLOS _____	_____	_____
5.- EMPUÑAR MARTILLO _____	_____	_____
6.- CEPILLARSE LOS DIENTES _____	_____	_____
7.- CORTAR CON TIJERA _____	_____	_____
8.- ENSARTAR AGUJA _____	_____	_____
9.- EMPUÑAR LA ESCOBA _____	_____	_____
10.- EMPUÑAR UNA PALA _____	_____	_____
11.- REPARTIR CARTAS _____	_____	_____
12.- DESENROSCAR UNA TAPA _____		_____

Anexo A6

PROSODIA EMOCIONAL

Nombre _____ Edad: _____
 Teléfono _____ Fecha: _____

1.-La pared es blanca	AEMT	EH
2.-Marisol sale con su perro	AEMT	AH
3.-La chamarra es negra	AEMT	EM
4.-La plancha es de vapor	AEMT	MM
5.-El gato está allá afuera	AEMT	EH
6.-El árbol es grande	AEMT	AM
7.-El camión pasa por la calle	AEMT	TH
8.-La pared es blanca	AEMT	MM
9.-La materia se compone de átomos	AEMT	EH
10.-El tren camina con vapor	AEMT	AM
11.-Ese escritorio tiene dos cajones	AEMT	MM
12.-El quijote fue escrito por Cervantes	AEMT	EH
13.-Colón descubrió América	AEMT	TH
14.-Leonardo trae lentes	AEMT	AH
15.-Juan fue a su casa	AEMT	AM
16.-La plancha es de vapor	AEMT	TH
17.-Luisa compro un lápiz	AEMT	MH
18.-Juan fue a su casa	AEMT	MM
19.-La plancha es de vapor	AEMT	EM
20.-Ese escritorio tiene dos cajones	AEMT	TH
21.-Luisa compro un lápiz	AEMT	TM
22.-La luna es un satélite	AEMT	AH
23.-El árbol es grande	AEMT	TM
24.-La primavera viene antes que el verano	AEMT	TM
25.-La mesa es cuadrada	AEMT	EM
26.-El tren camina con vapor	AEMT	AM
27.-La moneda rueda por el piso	AEMT	EM
28.-Claudia vende cosméticos	AEMT	AH
29.-La camisa tiene botones	AEMT	EH
30.-El gato está allá afuera	AEMT	AM
31.-La camisa tiene botones	AEMT	TH

Estímulos contestados _____ Respuestas
 correctas _____
 Estímulos no contestados _____ Respuestas
 incorrectas _____

Anexo A7

BATERIA DE MÚSICA

CLAVE	Fecha:
Nombre:	RESULTADOS Promedio: T1: /20 T2: /20 T3: /20 T4: /20 T5: /20
Fecha De Nacimiento:	
Grado Escolar:	
Idioma:	
Lateralidad:	
ANTECEDENTES MUSICALES: No Si.....En.....y por cuanto tiempo.....	Observaciones:

TAREAS:

T 1: = ≠			T2: = ≠			T3: = ≠			T4: = ≠			T5: si no		
EJ. 1			EJ. 13			EJ. 25			EJ. 37			EJ. 49		
EJ.2			EJ. 14			EJ. 26			EJ.38			EJ. 50		
3-			15-			27-			39-			51-		
3-			15-			27-			39-			51-		
4-			16-			28-			40-			52		
4-			16-			28-			40-			52-		
5-			17-			29-			41-			53-		
5-			17-			29-			41-			53-		
6-			18-			30-			42-			54-		
6-			18-			30-			42-			54-		
7-			19-			31-			43-			55-		
7-			19-			31-			43-			55-		
8-			20-			32-			44-			56-		
8--			20-			32-			44-			56-		
9-			21-			33-			45-			57-		
9-			21-			33-			45-			57-		
10-			22-			34-			46-			58-		
10-			22-			34-			46-			58-		
11-			23-			35-			47-			59-		
11-			23-			35-			47-			59-		
12-			24-			36-			48-			60-		
12-			24-			36-			48-			60-		

Anexo A8

DICTAMEN COMITÉ DE ÉTICA, INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

COMITÉ DE ÉTICA

DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Habilidades de reconocimiento emocional y musical en niños en edad escolar

CON NÚMERO DE REGISTRO ET042008-51

RESPONSABLE Dra. Julieta Ramos Loyo

NOMBRE DEL ALUMNO: Olga Avalos García

APROBADO SIN MODIFICACIONES

RECHAZADO

SUGERENCIAS: _____

RECHAZADO DEBIDO A: _____

[Handwritten signatures and marks on the left margin]

En caso de haber sido evaluado con sugerencias, se requiere someter a re-evaluación el proyecto de investigación, en primera instancia, al comité tutelar y posteriormente al Comité de Ética en un lapso máximo de 2 semanas a partir de esta fecha.

Se emite el presente DICTAMEN el día 27 de Octubre
de 2008, firmando los integrantes del Comité de Ética
del Instituto de Neurociencias.

Presidente



Dr. Alfredo Feria Velasco

Secretaria



Dra. Marisela Hernández González

Vocales:


Dr. Jacinto Bañuelos Pineda


Dr. Luis Francisco Cerdán Sánchez


Dr. Andrés A. González Garrido


Dr. Jorge Juárez González

Ccp. Comité Tutelar correspondiente.