



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
División de Ciencias Biológicas
Departamento de Ciencias Ambientales
INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

Efectos de la música en el aprendizaje de tareas de razonamiento viso-espacial

Tesis

que para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO
(OPCIÓN NEUROCIENCIAS)**

presenta

Claudia del Carmen Amezcua Gutiérrez

Comité tutorial

Dra. Julieta Ramos Loyo (Directora)

Dra. Esmeralda Matute Villaseñor

Dr. Andrés González Garrido

Dr. Miguel Ángel Guevara Pérez

A mis dos Caballeros con quienes comparto todo lo que hago y todo lo que soy

A mis padres por quienes hago todo lo que hago y soy todo lo que soy

Agradecimientos

La culminación de un trabajo es la suma de esfuerzos, dedicación y apoyo de un gran número de personas. Este espacio es para agradecer a cada una de ellas.

A la Dra. Julieta Ramos Loyo, directora del proyecto, por toda la formación y enseñanzas brindadas.

Al Dr. Miguel Ángel Guevara por sus sabios consejos e impulso para lograr lo mejor de mí, pero sobre todo por su invaluable amistad.

A la Dra. Esmeralda Matute Villaseñor y al Dr. Andrés González Garrido, quienes con sus valiosas aportaciones y retroalimentaciones al trabajo me ayudaron a aclarar el panorama de lo que quería decir y aportar con mi investigación.

A la Dra. Marisela Hernández González, quien me facilitó cumplir con este proyecto.

A mi amigo el Lic. Juan Pablo Álvarez Tostado Orozco, quien desinteresadamente aportó su tiempo y sus habilidades para la elaboración de este documento.

A mis amigos la Dra. Araceli Sanz y el Mtro. Humberto Madera quienes me apoyaron y trabajaron conmigo en todo momento

A la Lic. Ruth Sandoval Hernández, quien colaboró conmigo en la fase de entrenamiento con los niños.

Al Dr. Luis Miguel Sanchez Loyo, la Mtra. Griselda Silva y los Lic. Miguel Ángel Martínez Ramírez, Rocío Barajas, Cristina Aldana y Leonor Mora por su invaluable e incondicional apoyo.

A la Lic. Gina Zohn Muldón, Directora del "Centro Educativo Koala" y las Maestras Teresa González Luna y Blanca Solís de León, Directora y Coordinadora educativa de la escuela "Aprender A Ser", quienes dieron la anuencia para la implementación del proyecto en las instalaciones y con el alumnado de estas importantes instituciones educativas de la Ciudad de Guadalajara.

A la maestra Celina Ibáñez Brambila del "Centro Educativo Koala" y a la maestra Alma Rosa Morán López de la escuela "Aprender A Ser", ejemplo de interés y dedicación, quienes fueron un gran apoyo en el trabajo y acercamiento con los niños.

A los papas y alumnos de 3º de preescolar de las escuelas "Centro Educativo Koala" y "Aprender a Ser" quienes me brindaron su confianza.

A todos los que de una u otra manera me apoyaron, mi más sincero agradecimiento.

El presente trabajo fue realizado en el laboratorio de procesos cognitivos y emocionales del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar si la música ejerce un papel facilitador en el aprendizaje de habilidades viso-espaciales a largo plazo y si se presentan cambios en el EEG asociados a este aprendizaje en niños. Participaron 22 niños preescolares, clasificados en 2 grupos: aquéllos que escucharon ruido blanco (GR) y aquéllos que escucharon música de Mozart (GM) 10 min. previos a un entrenamiento visoespacial. Antes y después del entrenamiento se evaluaron las habilidades espaciales y se registró el EEG en reposo y durante la ejecución de una tarea de identificación de patrones (TV).

Cambios en la actividad eléctrica durante la TV. Al realizar la tarea se incrementó la PA de todas las bandas excepto δ . La PR de δ y β se incrementó y la de α se decrementó. La rTER de δ y α_2 disminuyó y la rTRA de δ y θ_1 entre áreas frontales y áreas temporales y posteriores se incrementó.

Cambios Pre-Post Entrenamiento. En la Evaluación Neuropsicológica Infantil Ambos grupos tuvieron mayores puntajes en la subprueba sensorial perceptual visual; el GM en la de habilidades construccionales y el GR en la de matrices. En la TV el GM mostró una ejecución más eficiente que el GR. En el EEG al realizar la tarea en ambos grupos se incrementa la PR de delta y se decrementa la de B1 y hay mayor rTER de β_1 y β_2 , lo cual puede asociarse a un procesamiento activo y eficiente de la información y un mayor acoplamiento entre hemisferios. El GM presenta mayor rTER y el GR mayor rTRA entre áreas temporales y posteriores en δ .

En conclusión, existen diferencias entre el efecto del ruido y la música sobre el aprendizaje de habilidades viso-espaciales. La música facilitó la ejecución de tareas que implican un procesamiento espacial puro (rotación abstracción e identificación de figuras) y el ruido facilitó procesos que requieren una mayor organización perceptual (identificación de características esenciales, secuenciación, seriación, razonamiento mediante analogías) en donde posiblemente la música fungió como distractora. En torno al EEG, se puede concluir que la música está asociada con un mayor acoplamiento entre hemisferios y ante el ruido se presenta mayor interacción funcional entre áreas temporales y posteriores, áreas comprometidas con el reconocimiento y localización de un objeto y con la memoria espacial.

Abstract

The objective of the present work was to evaluate if the music exercises a facilitating role in the learning of long-term viso-spatial abilities and if changes in the EEG associated to this learning in children. 22 preschool children participated, classified in 2 groups: those that listened white noise (GR) and those that listened music of Mozart (GM) 10 min. prior to a training visoespacial. Before and after the training the spatial abilities were evaluated and the EEG in rest and during the execution of a bosses identification task (TV) was registered.

Changes in the electric activity during the TV. During the task was increased the PA of all the bands except δ . The PR of δ and β was increased and α decreased. The rTER of δ and α_2 diminished while the rTRA of δ and θ_1 increased between frontal and temporal and posterior areas.

Training Pre-Post changes. In the Neuropsychology Childlike Evaluation both groups had greater scores in the sensory perceptual visual subtest; the GM in that of abilities construccionales and the GR in that of headquarters. In the TV the GM showed a more efficient execution than the GR. In the EEG during the task in both groups is increased the PR of δ and β_1 decrease and there is greater rTER of β_1 and β_2 , which has been associated to an active and efficient processing of the information and a greater similarity between hemispheres. The GM presents greater rTER and the GR greater rTRA between the frontal areas and other temporal and posterior areas in δ . In conclusion, differences between the effect of the noise they exist and the music on the learning of viso-spatial abilities. The music improved the execution of tasks that imply a pure spatial processing (rotation abstraction and identification of figures) and the noise improved processes that require a greater organization perceptual (identification of essential characteristics, secuenciación, seriation, reasoning by analogies) where possibly the music functioned as distractor. In around the EEG, can be concluded that the music facilitates a prosecution that implies greater association between hemispheres and before the noise is processed of more specialized way implying greater interaction functional entity subsequent and temporary areas, areas compromised with the recognition and locating of an object and the spatial memory.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
2. RAZONAMIENTO VISO-ESPACIAL.....	7
2.1. Definición y concepto.....	7
2.2. Sustratos neuroanatómicos del razonamiento viso-espacial.....	7
2.3. Desarrollo del razonamiento viso-espacial.....	9
3. EFECTOS DE LA MÚSICA	13
3.1 Respuestas fisiológicas a la música	13
3.2 Respuestas Emocionales y Motivacionales.....	14
3.3 Efectos a Nivel Cognitivo-Conductual	16
4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS RESPUESTAS A LA MÚSICA	18
4.1 Características Individuales	18
4.2 Características de la musica	20
4.2.1 <i>Frecuencia</i>	20
4.2.2 <i>Intensidad</i>	21
4.2.3 <i>Timbre</i>	21
4.2.4 <i>Intervalo</i>	21
4.2.5 <i>Tiempo</i>	21
4.2.6 <i>Ritmo</i>	22
4.3 Condiciones medioambientales y socioculturales	24
5. LA MÚSICA Y EL CEREBRO	26
5.1 Percepción y Procesamiento musical.....	26
6. ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL	30
6.1 El electroencefalograma	30
6.2 Características del EEG	31
6.3 Análisis del EEG	32
6.4 Cambios observados en el EEG durante la realización de tareas mentales	34
7. TRABAJO EXPERIMENTAL.....	38
7.1 Introducción.....	38
7.2 Planteamiento del problema de investigación	39
7.3 Objetivo General:.....	40
7.4 Objetivos Específicos:	40
7.5 Hipótesis General	41
7.6 Hipótesis Específicas.....	41
7.7 Variables.....	42

7.8 Metodología	43
7.8.1 Sujetos	43
7.8.2 Estímulos musicales	44
7.8.3 Entrenamiento	44
7.8.4 Evaluación de Habilidades Viso-espaciales (ENI)	45
7.8.5 Tarea de identificación de patrones	45
7.8.6 Registro Electrofisiológico	47
7.8.7 Procedimiento	47
7.8.8 Análisis Estadístico	48
8. RESULTADOS	50
8.1 Sesión Pre-entrenamiento	50
EEG.....	50
8.2 Cambios Pre-Post entrenamiento	56
Evaluación de Habilidades Viso-espaciales (ENI).....	56
Tarea de Identificación de Patrones	61
EEG.....	63
8.3 Resumen de Resultados	71
9. DISCUSIÓN.....	73
10. CONCLUSIONES	82
REFERENCIAS	86
ANEXOS	105
Piloto 1 (Prueba de Matrices Progresivas Raven)	105
Objetivos.....	105
Sujetos	105
Procedimiento	105
Evaluación.....	105
Resultados.....	105
Conclusiones	107
Piloto 2 (Tarea de Identificación de Patrones).....	108
Objetivo	108
Sujetos	108
Procedimiento	108
Descripción de la Tarea	108
Evaluación.....	109
Resultados.....	109
Conclusiones	111

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las habilidades espaciales constituyen un conjunto de habilidades, generalmente definidas como la posibilidad de generar, transformar, representar y evocar información no verbal o mediante símbolos (Linn y Petersen, 1985).

Diversos autores distinguen diversas categorías de habilidades espaciales, como resultado de la categorización ad hoc de las diferentes tareas espaciales usadas en investigaciones y los diferentes procesos cognoscitivos implicados en ellas (Caplan et al., 1985; Linn y Petersen, 1985; Voyer et al., 1995; Stiles-Davis et al., 1988). En el presente trabajo nos enfocaremos particularmente en 3 clases: el razonamiento espacial-temporal, el reconocimiento espacial y la rotación mental.

El Razonamiento viso-espacial o espacio temporal incluye la capacidad de percibir, representar, mantener, transformar y recordar o evocar imágenes mentales, en ausencia de una imagen física (Shaw, 2000; Rausher et al., 1997). Implica la integración de elementos separados dentro de un todo significativo en un orden espacial específico. El aspecto fundamental del razonamiento espacio-temporal es la habilidad de establecer una continuidad espacial-temporal entre los elementos. Por ejemplo el ensamble de objetos (Rompecabezas). Por su parte, el reconocimiento espacial comprende el reconocimiento de similitudes o diferencias dentro de una serie o patrón de figuras (Rausher, 1997).

Rotación Mental. En este tipo de tareas el sujeto tiene que comparar y transformar mentalmente imágenes en dos o tres dimensiones, y reconocerlas a pesar de estar rotadas o en espejo (Roberts y Bell, 2002).

Los dualistas hablan de dos sistemas de representación; uno relacionado con aspectos verbales y otro con imágenes y está ampliamente reportado que el hemisferio izquierdo está mayormente involucrado en el lenguaje, mientras que el derecho lo está con lo espacial (Rigau-Ratera et al., 2004; Corballis, 2003; Papanicolaou, et al. 1987; Ostrosky-Solís y Ardila, 1986; Springer y Deutsch, 1985). Sin embargo la especialización hemisférica para el procesamiento espacial parece ser más compleja que la apreciada en el lenguaje. Se puede establecer de manera general que, mientras que las lesiones en el hemisferio derecho por lo general tienen un impacto relativamente pobre en el lenguaje, las lesiones en el lóbulo parietal izquierdo pueden tener un

impacto significativo sobre las tareas espaciales (Mehta et al., 1987). Una interpretación de estos resultados es que el hemisferio izquierdo es más un especialista del lenguaje que el hemisferio derecho lo es de lo espacial.

Aunque desde hace mucho, los investigadores que trabajan con sujetos adultos han reconocido la importancia de la habilidad espacial, se ha establecido relativamente poco en cuanto al desarrollo de este conjunto de capacidades en los infantes. La razón precisa no está clara, puede deberse a que las habilidades espaciales son más difíciles de probar que las lingüísticas o lógicas (Gardner, 2000).

Jean Piaget, realizó diversos estudios sobre el desarrollo del razonamiento espacial en niños. Para Piaget (1964/1995, 1969/2000b), el advenimiento de las operaciones concretas al final de la etapa preescolar y principio de la escuela señala un importante punto crítico en el desarrollo mental del niño. Este se ha vuelto más capaz en el ámbito espacial.

Las habilidades espaciales son fundamentales para el buen desempeño en materias básicas a nivel escolar como las matemáticas y ciencias (Diezman y Watters, 2000) por lo que es de suma importancia crear las condiciones que permitan un desarrollo óptimo de las mismas.

Reportes teóricos y empíricos han sugerido una relación positiva entre la música y las habilidades espaciales. Varios estudios han explorado los efectos de escuchar música en las habilidades espaciales en adultos (Rauscher et al., 1993; Rideout y Laubach, 1996, Rideout y Taylor, 1997), encontrando un incremento en la ejecución en tareas de razonamiento viso-espacial después de escuchar música de Mozart. Por su parte otras investigaciones no han encontrado esta facilitación (Newman, et al. 1995, Chabris, 1999; Steele et al., 1999a, 1999b).

Estudios en niños, han evaluado los efectos de la instrucción en música sobre el desarrollo de las habilidades en disciplinas tales como las matemáticas y la lectura. (Bodner, et al. 2002; Rauscher y Zupan, 2000; Graziano, et al. 1999; Rauscher, et al. 1997). Los hallazgos son contradictorios

Es así, que los hallazgos de estos grupos de estudio son contradictorios e inconsistentes entre si, algunos estudios reportan una mejor ejecución en tareas viso-espaciales tras escuchar música de Mozart y otros no. Estas variaciones pueden deberse a las diferentes metodologías empleadas, o bien, a las composiciones musicales o estímulos auditivos presentados. Por otro lado cabe destacar que se han enfocado particularmente a población adulta y los mecanismos

mediante los cuales la música produce una facilitación en las habilidades espaciales pueden variar con la edad.

Por otra parte, en la bibliografía consultada se encontraron algunos estudios que refieren que, la manera en cómo la música y el razonamiento espacial son procesados en el cerebro, pudieran explicar en parte la facilitación en las habilidades espaciales que se presentan tras la exposición musical. Utilizando técnicas como resonancia magnética funcional o tomografía por emisión de positrones, algunas investigaciones han mostrado que las áreas activadas al escuchar música y durante el procesamiento visoespacial incluyen prefrontales, temporales y precuneo (Bodner, et al. 2001; Liégeois-Chauvel, et al. 1998). Por otro lado, estudios realizados con EEG (Sarnthein, et al. 1997 y Rideout, et al. 1996) refieren mayor sincronía en los patrones de disparo en las áreas frontal derecha y temporoparietal izquierda del cerebro al escuchar música de Mozart en contraste con escuchar una breve historia.

Parece evidente entonces, que el simple hecho de escuchar música tiene un efecto positivo particularmente en las habilidades espaciales por un breve periodo (15 min. aproximadamente) en adultos. Por otro lado, como lo señalan Leng y Shaw (1991) ante la música se activan o estimulan áreas cerebrales también implicadas en el procesamiento espacial.

Desde esta perspectiva, el presente trabajo tiene como finalidad valorar si la música ejerce un papel facilitador en el procesamiento visoespacial, esto mediante la evaluación del efecto diferencial de escuchar música o ruido blanco 10 minutos previos a un entrenamiento en habilidades espaciales, y evaluar este efecto a largo plazo, a través de realizar sesiones continuas de entrenamiento (3 a la semana). Además de observar mediante el registro de EEG, si se presentan cambios en la actividad eléctrica cerebral asociados a dicho efecto en niños.

Inicialmente, en el apartado 2 se señalan las generalidades del razonamiento viso-espacial, su definición, tipos de tareas utilizadas en su evaluación, substratos neuroanatómicos, cómo se procesan las funciones espaciales a nivel cerebral, su desarrollo y qué factores lo estimulan o facilitan. Entre estos factores se encuentra la música, cuyos efectos se plantean en el apartado 3. Posteriormente, en el apartado 4 se tratan los factores que influyen en la manera de percibir y/o responder a la música.

En el apartado 5, se trata el tema de la música y los substratos neuroanatómicos y neurofisiología implicados en el procesamiento musical. En el apartado 6 se describen los

aspectos básicos de la actividad eléctrica cerebral y se presenta una revisión de diversas investigaciones en las que se han estudiado los cambios que ésta sufre durante la realización de tareas mentales.

Posteriormente, se describe el trabajo experimental que se llevó a cabo y los resultados encontrados en él y finalmente, se presenta una discusión en torno a dichos resultados.

Finalmente en los anexos se describen los estudios pilotos realizados. El primero con la finalidad de obtener los puntajes de ejecución de la prueba de Matrices Progresivas de Raven (escala coloreada) en una muestra de sujetos mexicanos de entre 5 y 7 años de edad. Una vez obtenidos compararlos con los puntajes normalizados de una población argentina y obtener sus rangos percentiles, y de este modo clasificar al sujeto según su puntaje como perteneciente a un rango de capacidad intelectual. El segundo tuvo como objetivo determinar que el grado de dificultad de la tarea seleccionada fuera adecuado para la edad de los sujetos de la muestra.

2. RAZONAMIENTO VISO-ESPACIAL

2.1. Definición y concepto

Las habilidades espaciales son generalmente definidas como la posibilidad de generar, transformar, representar y evocar información no verbal o mediante símbolos (Linn y Petersen, 1985).

Diversos autores distinguen diversas categorías de habilidades espaciales (Linn y Petersen, 1985 Voyer et al., 1995 Stiles-Davis et al., 1988). Sin embargo esta clasificación no es exhaustiva ni precisa, sino resultado de la categorización ad hoc de las diferentes tareas espaciales usadas en investigaciones y los diferentes procesos cognoscitivos implicados en ellas (Caplan et al., 1985; Voyer et al., 1995). En el presente trabajo nos enfocaremos particularmente en 3 clases, el razonamiento espacial-temporal, el reconocimiento espacial y la rotación mental.

El Razonamiento viso-espacial o espacio temporal incluye la capacidad de percibir, representar, mantener, transformar y recordar o evocar imágenes mentales, en ausencia de una imagen física (Shaw, 2000, Rausher et al.,1997). Implica la integración de elementos separados dentro de un todo significativo en un orden espacial específico. El aspecto fundamental del razonamiento espacio-temporal es la habilidad de establecer una continuidad espacial-temporal entre los elementos. Por ejemplo el ensamble de objetos (Rompecabezas). Por su parte, el reconocimiento espacial comprende el reconocimiento de similitudes o diferencias dentro de una serie o patrón de figuras (Rausher, 1997).

Rotación Mental. En este tipo de tareas el sujeto tiene que comparar y transformar mentalmente imágenes en dos o tres dimensiones, y reconocerlas a pesar de estar rotadas o en espejo (Roberts y Bell, 2002).

2.2. Sustratos neuroanatómicos del razonamiento viso-espacial

De manera general, un gran número de estudios han demostrado la importancia del hemisferio derecho en el manejo de la información espacial (Rigau-Ratera, García Novell y Artigas-Pallarés, 2004; Corballis, 2003; Papanicolaou et al., 1987).

Particularmente, se ha tratado de establecer qué estructuras cerebrales son las encargadas de los distintos procesos de los que consta el razonamiento espacial y se propone que esta función depende de diferentes áreas cerebrales, de tal manera que no puede ser considerada como propiedad exclusiva de una sola estructura.

Se sugiere que el lóbulo parietal juega un papel crucial ya que está implicado en la imagen corporal, la representación y la ubicación en el espacio, la localización de un objeto, la memoria espacial y dirige o enfoca la atención hacia algún punto (Colby y Olson; en Bloom y Landis, 1999). En la región anterior del lóbulo parietal se encuentra la corteza primaria somato-sensorial, y en la región más posterior se localizan las áreas sensoriales de nivel superior y el área de asociación parietal posterior. Se ha visto que lesiones a este nivel producen déficits sutiles en el aprendizaje de tareas que requieren de un conocimiento espacial del entorno así como de la posición del cuerpo en el espacio (Kandel et al, 1998).

El lóbulo frontal se encarga de la planeación de la acción futura y el control del movimiento (Colby y Olson; en Bloom y Landis, 1999). Por otro lado la corteza temporal inferior y superior posterior están implicadas en el reconocimiento del objeto (Gazzaniga et al., 1998 y Posner y Raichle, 1997).

Kandel et al (1998) señalan que, en monos las lesiones de la región temporal inferior una región visual de nivel superior, producen déficits en la velocidad de aprendizaje de tareas visuales. Por otro lado, pacientes con lesión unilateral del lóbulo temporal experimentaron cierta pérdida de memoria, lo que se recordaba dependía del lado del cerebro en el que estuviera la lesión. Los pacientes con lesiones temporales izquierdas mostraban dificultad para recordar aspectos verbales, en cambio los pacientes con lesiones derechas conservaban una memoria verbal normal, pero su capacidad para recordar patrones de información sensorial estaba deteriorada.

Finalmente, entre las estructuras subcorticales envueltas en el procesamiento espacial se encuentran el hipocampo y el cerebelo. El hipocampo regula la memoria espacial episódica, incluyendo la que subyace a la orientación espacial (Good, 2002; King, 2002, O'Keefe, 1993 y Sherry et al., 1992) Por otra parte, estudios en adultos cerebro lesionados indican que lesiones en

circuitos cerebelares afectan las habilidades viso-espaciales (Justus e Ivry, 2001 y Molinari, Petrosini, Misciagna y Leggio, 2004).

2.3. Desarrollo del razonamiento viso-espacial

Diversas escuelas psicológicas han propuesto marcos explicativos para el desarrollo cognoscitivo del niño. Piaget inauguró el campo del desarrollo cognoscitivo y proporcionó la primera teoría que pretendía explicar, y no tan solo describir, el crecimiento cognoscitivo. Una gran cantidad de principios importantes acerca de los niños en desarrollo fueron descubiertos por Piaget, quien influyó en miles de investigadores de la psicología y campos relacionados.

En 1950 Piaget postuló la teoría de la *epistemología genética*, que define la *inteligencia* como una función vital básica que ayuda al niño a adaptarse al ambiente. Piaget describió a los niños como pequeños científicos que, de manera activa, construyen tres clases de esquemas (conductual, simbólico y operacional) para establecer un equilibrio cognoscitivo entre su pensamiento y sus experiencias. Los esquemas son construidos y modificados por medio de los procesos de organización y adaptación. La adaptación consiste en dos actividades complementarias: asimilación (intento de adaptar las experiencias nuevas a los esquemas existentes) y acomodación (modificación de los esquemas existentes en respuesta a nuevas experiencias). El crecimiento cognoscitivo se produce cuando las asimilaciones estimulan las acomodaciones, lo cual provoca la reorganización de esquemas que, a su vez permite mayores asimilaciones.

De igual manera, para Piaget, el desarrollo cognitivo es constructivo, no lineal, y atraviesa distintos momentos. A estas organizaciones sucesivas con cierto grado de estabilidad y que implican nuevas conquistas cognitivas las llama estadios los cuales pueden resumirse como sigue:

- 1) Periodo Sensoriomotor (0-2 años) A partir de la actividad refleja básica, gradualmente, el infante se vuelve capaz de organizar actividades en relación con el ambiente a través de la actividad sensorial y motriz. Reconoce pero no más allá de su acción y no puede explicar el porqué de sus conductas.
- 2) Periodo Preoperacional o Actividad representativa (2-7 años) El niño desarrolla un sistema de representación y usa símbolos para representar personas, lugares y eventos.

El lenguaje y el juego imaginativo son manifestaciones importantes de esta etapa. Su razonamiento es principalmente egocéntrico y preconceptual. El pensamiento preconceptual se define por ciertas propiedades comunes: la transducción. La yuxtaposición (reunión de partes sin relacionarlas) el sincretismo, (imposibilidad de discriminar entre partes o entre las partes y el todo) y el animismo. Es la fase del pensamiento intuitivo, el niño comienza a utilizar palabras para expresar su pensamiento. Tiende a comportarse de un modo similar al de sus mayores.

- 3) Periodo de las Operaciones Concretas (7-11 años) El niño puede solucionar problemas lógicamente si están dirigidos al aquí y al ahora, pero no puede pensar en forma abstracta. Tiene una organización del pensamiento flexible y sistemático. El niño reacciona de manera lógica ante objetos, categorías y relaciones, no así ante proposiciones verbales; no puede expresar conceptos verbalmente. Puede hacer operaciones virtuales, Ejem: Javier es más pesado que Juan y Juan es más pesado que Pedro. ¿quién pesa más?. Surgimiento de la moral, afectividad, seguimiento de reglas y normas sociales.
- 4) Periodo de las Operaciones Formales (12 años en adelante) Organización del razonamiento abstracto, realización de operaciones matemáticas y temporales, formulación de hipótesis, razonamiento deductivo. Y pensar y reflexionar acerca de posibilidades.

(Maier, 1989; Piaget, 1964/1995; Serulnikov y Suarez, 1999; Piaget, 1977/2000a; Piaget, 1969/2000b)

En resumen, Piaget (1964/1995, 1977/2000a), sostiene que el desarrollo de las funciones cognoscitivas está caracterizado por una sucesión de etapas o periodos, que de manera general se desarrollan a un ritmo óptimo; sin embargo se puede dar lugar a retrasos o aceleraciones y habla de 4 factores que influyen en esta evolución mental: La maduración, la experiencia, las interacciones y transmisiones sociales y un mecanismo interno del propio sujeto.

Otras teorías han intentado relacionar las funciones cognitivas con el desarrollo cerebral. El término “cognoscitivo” incluye una variedad de funciones mentales superiores, entre las que se encuentra el razonamiento o procesamiento viso-espacial.

Anteriormente se ha mencionado la importancia del hemisferio derecho en el manejo de la información espacial, sin embargo, de acuerdo con Roselli, Ardila, Pineda y Lopera (1997) aún no queda claramente establecido el momento del desarrollo en el que el hemisferio derecho se especializa en el reconocimiento espacial, pero parecería que ocurre después de que el hemisferio izquierdo se ha especializado en habilidades verbales. Antes de los tres años de edad el repertorio de respuestas del niño es limitado y la evaluación de estrategias espaciales es difícil. Sin embargo, el desarrollo de conexiones sinápticas es particularmente evidente después de los tres años, cuando el niño adquiere una mayor capacidad de análisis visoperceptual.

El desarrollo cortical –engrosamiento y formación de conexiones- no parece seguir un paso uniforme sino que se presenta por “ráfagas”. Estos periodos de enriquecimiento sináptico se han observado entre los 3 y los 4 años, los 6 y los 8 años, los 10 y los 12 años, y los 14 y los 16 años (epstein, 1986).

Por mucha estimulación y entrenamiento que reciba un niño, no podrá aprender hasta que, en su desarrollo este dispuesto para hacerlo lo cual, de acuerdo con Avaria (2005), ocurre de manera secuencial y ordenada, al igual que el desarrollo del sistema nervioso. Esto es, deben encontrarse presentes las bases físicas y mentales necesarias, para poder inculcar nuevas habilidades. Podemos preguntarnos: ¿Cómo se puede saber cuando es el momento de enseñar al niño? En general, Hurlock (2000) propone tres criterios prácticos:

- 1.- Interés por el aprendizaje.- los niños demuestran interés por aprender mediante su deseo de recibir enseñanzas o autoeducarse.
- 2.- Interés sostenido.- cuando los niños están listos para aprender, su interés persiste, incluso cuando se enfrentan a obstáculos y encuentran inconvenientes.
- 3.- Mejoramiento.- Con la práctica, los niños que están listos para aprender mostrarán un mejoramiento, aunque solo sea ligero y gradual.

En el presente trabajo nos interesa estudiar, particularmente, un posible efecto facilitador de la música en el aprendizaje de tareas espaciales, en donde posiblemente estén implicadas áreas cerebrales homólogas, sin embargo, para tratar de comprender esta interacción, es importante

describir cómo la música puede actuar sobre cada uno de los niveles antes mencionados, logrando así influir en el comportamiento.

En el siguiente capítulo se hará una amplia revisión de los efectos de la música en el comportamiento humano y específicamente en la ejecución de tareas.

3. EFECTOS DE LA MÚSICA

Los efectos de la música sobre el comportamiento humano han sido tema de gran interés y especulación a lo largo del tiempo. Hay evidencias de que la música puede ejercer un efecto a diferentes niveles: fisiológico, emocional y cognitivo-conductual.

3.1 Respuestas fisiológicas a la música

Fisiológicamente la música actúa a nivel periférico y central.

A nivel periférico, la música produce un efecto en la frecuencia cardiaca y presión sanguínea las cuales se sincronizan con el ritmo musical (Geden et al., 1989 y Sloboda, 1991). También se ha encontrado una reducción de la tensión muscular a través de la audición de música tranquila y la combinación de música con la autogeneración de frases (Reynolds, 1984). Por su parte, Pearce (1981), observó que en relación al silencio, la música sedante redujo la fuerza física, mientras que la estimulante no produjo ningún cambio.

A nivel central, la música produce cambios en la actividad eléctrica cerebral (EEG) y existen algunos estudios que particularmente han medido este efecto Ramos y Corsi (1989), encontraron que la música produce estados placenteros, asociados con un incremento de la proporción del ritmo theta y una disminución de alfa, mientras que la audición del llanto de un bebé produce lo contrario.

Walker (1977) encontró un incremento de los ritmos delta y theta en regiones occipitales al escuchar música clásica, lo cual asoció con un bajo nivel de atención, mientras que el alfa reflejaba mayor atención, beta se correlacionó con estados displacenteros, y se encontró mayor cantidad de beta y theta durante la música clásica en comparación con el silencio.

Petsche et al. (1988, 1993) encontraron una disminución de la potencia absoluta (PA) de la banda alfa en áreas frontales y temporales derechas, central y parietal izquierdos y theta en ambos temporales al escuchar la música de Mozart. Por otro lado, reportan un incremento en el nivel de activación necesario para un procesamiento cognitivo, esto con base en que encontraron una disminución de la PA de las bandas theta, alfa y beta, durante la ejecución de diferentes tipos de tareas así como durante la audición de música.

Ramos (1994) encontró un incremento en el nivel de activación ante dos estímulos musicales evaluados uno como agradable y el otro como desagradable, sugerido por un

decremento de PA y potencia relativa (PR) de alfa1, incremento de la PR de delta y theta, el decremento de la correlación interhemisférica (r_{INTER}), así como el incremento de la frecuencia cardiaca, la temperatura y la respuesta psicogalvánica. Estos cambios se encontraron en mayor proporción en la música desagradable.

3.2 Respuestas Emocionales y Motivacionales

Existen diversos estudios que refieren que la música es un estímulo capaz de evocar o disminuir diferentes estados emocionales como la ansiedad, alegría, tristeza, miedo, relajación, etc. (Smith y Morris, 1976; Fried y Berkowitz, 1979; Nielzén y Cesarec, 1982; Kaempf y Amodei, 1989; Thau, 1989; Sloboda, 1991; Iwanaga y Tsukamoto 1997; Sousou, 1997 y Shaden, 1997).

Sloboda (1992), realizó un estudio en el que cuestionó a 67 sujetos acerca de sus experiencias emocionales más importantes relacionadas con la música y de acuerdo a las descripciones concluye que la música puede actuar a nivel emocional de 2 maneras: 1) como un agente de cambio de estados emocionales y motivacionales (tensión, ansiedad, dolor, pena y preocupaciones) y 2) como intensificador o liberador de emociones existentes. Con esto Sloboda aclara que la música no solo crea o cambia emociones, sino que permite a la persona acceder a sus propias emociones.

Esta experiencia emocional que experimenta una persona hacia un estímulo musical determinado puede depender de diversos factores como son: las características del estímulo musical (melodía, armonía, ritmo, tono, tiempo, complejidad, etc.), las características personales del oyente (personalidad, sexo, edad, experiencia musical, etc.) y las condiciones ambientales en las que se escucha la música. Sloboda (1992) hace una clasificación al respecto y los denomina aspectos intrínsecos y externos respectivamente.

Sousou (1997), al estudiar el impacto de la melodía en el estado de ánimo y la memoria, encontró que los elementos musicales asociados con la alegría fueron el tiempo rápido y el tono mayor (allegro), y con la tristeza un tiempo lento y un tono menor (adagio). De igual manera Dalla Bella et al. (2001) refieren que el tiempo y el modo son los mejores determinantes para distinguir la tristeza y la alegría. Por su parte Sloboda (1991) al evaluar la estructura musical y la respuesta emocional, encontró una asociación entre las reacciones de temor o de sentir escalofríos con

melodías que contenían elementos armónicos novedosos e inesperados. Las sensaciones en el corazón o de “mariposas en el estómago” con síncopas repetidas e impredecibles y la angustia, lagrimas o “nudo en la garganta” eran provocadas por pasajes con armonías tensas o disonantes en una estructura repetitiva. Finalmente, Iwanaga y Tsukamoto (1997) señalan que una pieza rítmica y rápida es evaluada como excitadora y una melodiosa y lenta como sedante.

Por otro lado Dalla Bella et al. (2001) realizaron un estudio en niños de 3 a 8 años de edad a fin de determinar si los niños tienen las mismas propiedades que los adultos para discriminar en base a características físicas de la música (tiempo y modo) su valor afectivo (triste-alegre). Como puede verse, combinan 2 de los aspectos relacionados con la experiencia emocional generada ante la música. En sus resultados concluyen que al igual que los adultos los niños de 6 a 8 años son afectados por la manipulación del modo y el tiempo para percibir el valor emocional de la música. En contraste con los niños de 5 años quienes solo son afectados por el cambio del tiempo, por lo que sugieren que el tiempo es dominado más tempranamente que el modo para inferir el tono emocional de la música. Los niños más pequeños (3-4 años) no pudieron detectar la tristeza ni la alegría. De forma análoga Sloboda (1992), refiere que hay un cambio fundamental en la experiencia emocional ante la música y su constructo cognitivo entre los 8 y 6 años de edad. Esto en base en un estudio en el que pidió a un grupo de adultos describieran su experiencia emocional relacionada con la música más significativa y la edad a la que la habían vivido. Estas experiencias las clasificó en 3 categorías: placenteras (agrado, amor, alegría) sorprendentes o maravillosas (cautivadora, abrumadora, impresionante) y tristeza (melancolía, triste, aprehensión) Y encontró diferencias en la media de edad y la categorización de las experiencias. Para las experiencias placenteras la media fue de 6.2 años, sorprendente y maravillosa 8.1 y tristeza 8.7.

Además de la variable edad otras investigaciones se han interesado en estudiar la influencia del tipo de personalidad o psicopatología en las emociones generadas ante la música. Nielsen y Cesarec (1982), por ejemplo compararon la experiencia emocional en pacientes psiquiátricos y en normales. 107 pacientes y 100 sujetos control. Los pacientes se dividieron en 7 grupos: esquizofrénicos, psicóticos, maniaco-depresivos, psicosis obsesiva, deprimidos, con cuadro de ansiedad y neurosis histérica. A todos los sujetos se les presentaron 7 piezas musicales y se les pidió que la evaluaran mediante 3 categorías tensión-relajación, alegría-tristeza, y atracción-

repulsión. Los pacientes psiquiátricos mostraron diferencias claras en su experiencia emocional en comparación con los controles. Los psicóticos u los esquizofrénicos experimentaron la música como más atractiva, mientras que los deprimidos y los ansiosos menos atractiva, que los normales. Los deprimidos y maniacos experimentaron la música como menos alegre y los obsesivos refirieron ser más sensibles a la tensión en la música que los normales.

En relación con el tipo de personalidad, Martín et al. (1993) encontraron una relación entre la preferencia musical de los adolescentes y aspectos de su salud psicológica y estilo de vida saludable. Las medidas fueron: la unión familiar, pensamientos o conductas suicidas, depresión, delincuencia, toma de riesgos y preferencia musical. En cuanto a la preferencia musical los datos arrojaron 5 categorías: Pop, Rock, Metal/Punk, Jazz/Blues, y Clásica o Cristiana. La mayoría de las mujeres prefirieron la categoría Pop, seguida por el Rock y luego el Metal/Punk, a diferencia de los hombres en quienes fue la primera, seguida por el Pop y Rock. En base a sus resultados concluyen que si hay una relación entre la preferencia por el rock/metal y la depresión, la delincuencia, conductas de riesgo, consumo de drogas, pensamientos suicidas y la unión familiar. Todo esto particularmente en mujeres, lo que podría ser un indicador de vulnerabilidad.

3.3 Efectos a Nivel Cognitivo-Conductual

Sobre los efectos de la música a nivel cognitivo-conductual, básicamente, se ha visto que la música puede influir en la atención, el aprendizaje, el procesamiento matemático y el razonamiento espacio-temporal entre otros.

En un estudio realizado Amezcua (2000), se encontró un efecto del tiempo musical en la ejecución y en los potenciales evocados (PREs) ante una tarea de atención selectiva. La música tocada en tiempo rápido (185 golpes por minuto) provoca que los sujetos realicen la tarea más rápidamente y que mayor proporción de ellos tenga mejor ejecución. La música tocada en tiempo lento (60 golpes por minuto), aunque también disminuyó el tiempo de reacción, produjo un mayor número de falsos positivos y omisiones, lo cual se interpretó como una menor precisión. Por otra parte, en los PREs, se encontró una menor latencia del N200 y P300 con ambas músicas reflejando un procesamiento más rápido del estímulo, y una menor amplitud del P300 ante la música tocada en tiempo rápido. Esto sugiere que bajo esta condición se facilita la ejecución y no funge como un estímulo distractor que interfiera con el proceso de atención selectiva.

Por su parte, Wolf y Weiner (1972) reportan una mejor ejecución en la resolución de problemas aritméticos simples en el grupo que escucho música de fondo en comparación con el que no la escuchó.

El procesamiento viso-espacial es de las habilidades cognitivas en la que más se ha estudiado el efecto de la música. Los precursores en este rubro fueron Rauscher et al. (1993) quienes demostraron que escuchar 10 minutos de música de Mozart (sonata para 2 pianos en D mayor) mejora las habilidades espaciales en comparación con 10 minutos de relajación y 10 minutos de silencio. Sin embargo este efecto es temporal no se extiende a más 10-15 minutos después de escuchar la música. A raíz de un estudio se genera gran interés y controversia y varios estudios replican los resultados, por ejemplo: Rideout y Laubach, (1996) y Rideout y Taylor, (1997) quienes además señalan que este mejoramiento es generado porque la música facilita cambios en la frecuencia de bandas cerebrales (decremento de alfa2 e incremento de beta 1) que de alguna manera lo median.

Paralelamente, otras investigaciones no han encontrado este mejoramiento en sus resultados (Newman et al., 1995; Chabris, 1999; Steele et al., 1999a y b) determinando que dicho efecto no es potente ya que la música de Mozart puede incrementar las habilidades espaciales solo bajo determinadas circunstancias.

Como puede verse, los resultados en cuanto a los efectos de la música son muy variados e inconsistentes. La dirección de los efectos sobre la conducta y las emociones del individuo así como sobre diferentes aspectos cognitivos, está dada por una serie de factores que influyen en la experiencia de escuchar música y que pueden ser la explicación a esta variabilidad de resultados. El siguiente capítulo abordará una lista de los principales factores que influyen en la respuesta a la música.

4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS RESPUESTAS A LA MÚSICA

Los efectos de la música en el comportamiento se pueden deber a diversos factores, como son: 1) Las características individuales de quien escucha la melodía, 2) Las características de la pieza o estímulo musical que se escucha, y 3) Las condiciones medioambientales y socioculturales.

4.1 Características Individuales

La investigación en esta área es fragmentaria y diversa, los investigadores han observado el efecto de una amplia diversidad de valores personales y/o demográficos sobre las respuestas a la música.

Hargreaves (1998) sugiere que las principales variables de las características individuales que han sido estudiadas son: *la edad, la personalidad y la aptitud-entrenamiento musical*. que se consideran juntas ya que sus efectos parecen ser muy similares. Los oyentes de gran aptitud y con altos niveles de entrenamiento prefieren formas de música más complejas que quienes poseen niveles bajos de talento y entrenamiento, respectivamente.

Hargreaves (1998) hace una revisión de estudios relacionados con la variable *edad*, y menciona por un lado el de Rubin-Rabson (1940. En Hargreaves, 1998), quien encontró una correlación negativa entre la edad y el agrado por piezas de música clásica y moderna; y por otro lado los de Fisher (1951) y Keston y Pinto (1955) quienes no encontraron que la edad tuviera algún efecto sobre las preferencias musicales. Crowther y Durkin (1982), en una muestra de 232 estudiantes de secundaria de 12 a 18 años, evaluaron los efectos de la edad sobre las actitudes hacia la música. Encontraron que hubo un aumento general de actitudes positivas a lo largo de ese rango de edades, y también que las niñas, en general, eran más propensas que los varones a mantener actitudes positivas. En general, el único hallazgo consistente en los diferentes estudios sobre los efectos de la edad, parece ser el de un incremento repentino del gusto por la música popular al comienzo de la adolescencia.

La dimensión de diferencias individuales que tal vez ha recibido mayor atención experimental es la *personalidad*.

Keston y Pinto (1955) encontraron una correlación relativamente alta entre las puntuaciones del Test de preferencia musical de Keston (*Keston music preference test*) y la “introversión intelectual”, y una correlación baja con la “extroversión social”. Payne (1967. En Hargreaves, 1998) sostuvo la hipótesis de que la gente con temperamento estable debería preferir la música clásica, que pone énfasis en la forma, mientras que la gente con temperamento neurótico, consecuentemente, debería preferir la música romántica, que pone énfasis en el sentimiento. La autora obtuvo cierta prueba positiva al respecto, basándose en las puntuaciones del *Maudsley personality inventory* (Inventario de la personalidad de Maudsley) y en un cuestionario de preferencias de compositores, en muestras de estudiantes universitarios musicalmente sofisticados y miembros adultos de “sociedades musicales y discográficas” (Para una revisión ver Hargreaves, 1998).

Por otro lado, Amezcua et al. (1997) encontraron que la preferencia musical por una pieza, evaluada como desagradable, se relaciona con ser reservado, dependiente de campo e inteligente.

Este debate se extiende mucho más allá de los límites de las diferencias individuales en las respuestas a la música, sin embargo los resultados son fundamentales para la comprensión de la personalidad y probablemente determinen la dirección de futuras investigaciones.

En relación a la tercera variable *aptitud-entrenamiento*, Rubin-Rabson (1940. En Hargreaves, 1998), halló que el nivel de entrenamiento musical se correlacionaba positivamente con la preferencia por la música “moderna” y Fay y Middleton (1941) encontraron que los sujetos que preferían música *swing* eran inferiores en cuanto al sentido de alturas, del ritmo y del tiempo a aquellos que preferían música clásica. Hargreaves, Messerschmidt y Rubert (1980) encontraron que los sujetos musicalmente entrenados evaluaron más alto la preferencia general de las melodías presentadas que los no entrenados, aunque hubo una interacción significativa con el estilo musical, y el efecto fue más pronunciado para los fragmentos “clásicos” que para los “populares”.

Por su parte Gaver y Mandler (1987) refieren otra característica personal relacionada con las expectativas, y explican que cuando una persona escucha una pieza musical, genera expectativas en relación a su secuencia melódica. Las expectativas afectan la facilidad con que se escucha y se comprende una pieza musical. Cuando las expectativas no se cumplen, no hay una congruencia con el procesamiento esquemático, lo que causa una activación del Sistema

Nervioso. Cuando estas discrepancias producen un alto nivel de activación, la emoción se experimenta con mayor intensidad, en cambio, cuando la expectativa se cumple se genera una emoción positiva.

Otra característica de los sujetos, que de igual manera influye en las respuestas a un estímulo musical, es la familiaridad que tengan con la música.

Hoffer (1981) sintetiza que la familiaridad es el resultado de la exposición previa al estímulo.

Zissman y Neimark (1990) refieren que la mayoría de las personas prefieren lo conocido a lo desconocido o novedoso y postulan que, la familiaridad o exposición repetida de un individuo a un estímulo musical es una condición suficiente para mejorar su actitud hacia él.

4.2 Características de la música

El efecto de las características de un estímulo musical sobre el comportamiento en general y sobre procesamiento cerebral en particular ha sido un tema que ha tomado gran interés en los últimos años (Ramos y Corsi-Cabrera, 1989; Hassler, 1990 y Swartz et al., 1994).

Alvin (1990), propone la siguiente lista como las principales características de un estímulo musical:

- 1) Frecuencia (o altura del sonido)
- 2) Intensidad
- 3) Timbre
- 4) Intervalos, origen de la melodía y armonía
- 5) Duración, origen del ritmo y del tiempo

4.2.1 Frecuencia

La frecuencia, o la altura en términos musicales, es el número de ciclos que una onda sonora completa en un segundo. Por ejemplo, el do central del piano tiene una frecuencia de 262 Hz. Los adultos jóvenes pueden oír tonos con frecuencias tan bajas como 20 Hz y tan altas como 20,000 Hz. La música ocupa un registro bastante más angosto de alturas, en concreto, las del extremo inferior. Las frecuencias fundamentales en el piano van desde 27.5 hasta 4,186 Hz. Y el registro de cada instrumento o voz es aún más limitado, por lo común de menos de la mitad de la extensión del piano (Matlin y Foley, 1996).

A nivel fisiológico se ha visto que la frecuencia puede producir ciertos efectos en el hombre, en líneas generales, las vibraciones muy rápidas son un estímulo nervioso intenso y displacentero, a diferencia de las más lentas que tienen un efecto relajante.

4.2.2 Intensidad

La intensidad de un sonido depende de la amplitud de las vibraciones, lo que afecta su volumen y su potencia: La intensidad de un sonido puede ir desde lo apenas audible a lo ensordecedor.

4.2.3 Timbre

El timbre, o color tonal, es un elemento no rítmico. Deutch (1986. En Matlin y Foley, 1996) señala que “el timbre puede describirse como esa propiedad perceptual de un sonido que lo distingue de otro, cuando se mantienen constantes atributos simples como la altura y el volumen”. Por ejemplo, una flauta y un oboe pueden tocar la misma nota al mismo volumen, pero aún se puede distinguir entre la sonoridad nasal del oboe y la pura de la flauta.

4.2.4 Intervalo

El intervalo, basado sobre la distancia entre dos tonos, está muy relacionado con la altura del sonido o su frecuencia.

4.2.5 Tiempo

El tiempo musical se refiere a la razón o proporción en la cual pulsa la música y dentro de sus características físicas, el tiempo es el factor que ejerce uno de los más poderosos controles sobre ésta, afectando cada uno de sus detalles, desarrollados en la crítica dimensión del tiempo real. Curiosamente es también el factor con el mayor rango de variabilidad, en cuanto a que tiene un amplio rango de posibilidades (Epstein, 1995). El pulso humano normal late a una velocidad que oscila entre 70 y 80 pulsaciones por minuto. Si contamos a esta velocidad, encontraremos un movimiento pausado y tranquilo. Estas pulsaciones son la base de la determinación del tiempo. Debido a la gran influencia que tuvo la música italiana en el panorama musical de los siglos XVII y XVIII se utilizan palabras en italiano para indicar el “tempo”. Así “andante” el tiempo intermedio, significa andando y equivale a nuestras pulsaciones o a nuestros pasos. Los tiempos

más vivos que el andante son el “allegro”, que significa de prisa y “presto” que significa corriendo. Los tiempos más lentos que el andante son el “adagio” que significa cómodo y el “largo” que significa ancho, el “lento” y el “grave” (pesante) (Esquivel, 1983).

En relación al tiempo, Jourdain (1997), afirma que la personalidad de una composición entera puede alterarse por completo simplemente cambiándole el tiempo en un 10%. Y por otro lado, refiere que el tiempo es de gran importancia porque la manera en que es percibida la música es extremadamente sensible a la velocidad o proporción en que las estructuras musicales se presentan en el cerebro.

Cada aspecto de la percepción musical – tono, armonía – depende de la velocidad de presentación. Cuando una pieza musical es tocada rápidamente, se pueden perder detalles. Pero cuando se toca lentamente, se puede caer en observar agrupamientos de melodía, armonía y métrica, experimentando cada detalle en niveles perceptuales más bajos. Por lo que puede llegar a perderse la riqueza perceptual. El que se preste atención a cada detalle sobre lo que se escucha hace que la mente esté más ocupada, no menos.

Epstein (1995), señala que el tiempo biológico y el tiempo musical tienen una correlación. El pulso es la manera periódica como nuestros mecanismos biológicos del tiempo controlan sus funciones. Y en el ámbito musical, el pulso es el primer aspecto del tiempo. De esta manera, el tiempo musical y el tiempo neurológico o biológico están interrelacionados, en cuanto a que podemos conceptualizar, procesar, componer y ejecutar la música.

Harrer y Harrer (1977. En Epstein, 1995) notaron que como reacción a la música, a la cual se le aceleraba o desaceleraba el tiempo, algunos sujetos tendieron a sincronizar el pulso de su sistema cardiovascular y el de su sistema respiratorio con la música. Esto sugiere que, aunque tanto el sistema cardiovascular como el respiratorio que son primariamente diferentes, los sujetos los enfatizan ante una periodicidad externa.

4.2.6 Ritmo

Un aspecto íntimamente relacionado con el tiempo es el ritmo. El ritmo es el elemento más dinámico y por eso más evidente de la música. Se refiere a la proporción de los tiempos, es decir al patrón de duración y acentuación.

Es así que la música, está integrada por cada una de estas características, tiene una estructura, un orden objetivo de los sonidos, que es de naturaleza jerárquica, consiste en movimientos interrelacionados, con características propias de melodía, armonía, tiempo, estructura rítmica, etc. La complejidad de una pieza musical está ampliamente relacionada con la facilidad para predecir cambios en esta progresión melódica.

Otra de las variables importantes que intervienen en los efectos de la música, se refiere al tipo de música que se escucha. De acuerdo con Noy (1967), existen principalmente dos tipos de música: Por un lado, la música estimulante, que aumenta la energía corporal induciendo la acción y estimulando las emociones. Es compleja, tiene progresiones melódicas atípicas y muy poca concordancia en la estructura de sus escalas; y por otro lado, la música sedante, que es de una naturaleza melódica sostenida y se caracteriza por tener un ritmo regular, una dinámica predecible, consonancia armónica y un timbre vocal e instrumental reconocible y con efectos tranquilizantes. En relación a esto, Greenberg y Fisher, 1971, reportaron que la música excitante logra afectar las respuestas de las mujeres a pruebas psicológicas, en mayor grado a las proyectivas que a las estructuradas, provocando más respuestas hostiles y agresivas que con la música tranquilizante. En este estudio, la música excitante fue calificada como más excitante, displacentera, fría, rápida, peligrosa, larga y fuerte que la tranquilizante.

Por su parte, Maher (1980) estudió los efectos psicológicos de los intervalos musicales, encontrando que la tercera mayor se relaciona con alegría; las segundas son juzgadas como interesantes, inestables y complejas y; las séptimas como displacenteras. En general, los intervalos disonantes (cuando las notas están muy cercanas entre sí), fueron juzgados como no familiares, inestables y displacenteros. Los intervalos tocados en alta frecuencia (500 Hz) fueron más activadores, potentes y displacenteros que los de baja frecuencia (250 Hz).

Otras características estructurales de la música también son capaces de provocar respuestas emocionales. Sloboda (1991) encontró que los paisajes musicales que contenían disonancias provocaban lágrimas, llanto o nudo en la garganta; las que contenían una armonía nueva o inesperada provocaban escalofríos y; otras que tenían sincopaciones repetidas y eventos prominentes que ocurrían antes de lo esperado, provocaban reacciones cardíacas.

4.3 Condiciones medioambientales y socioculturales

Hace ya mucho tiempo que sociólogos, como Adorno (1940; en Hargreaves, 1998), argumentaron que las diferentes formas y lenguajes musicales son un producto directo de las divisiones y estructuras sociales existentes. El contexto social no sólo determina qué constituye una obra de arte, sino también determina cómo esa obra de arte es valorada. Bordieu (1971; en Hargreaves, 1998) argumenta que las fuerzas sociales imponen y moldean las normas del gusto cultural: y en particular, que los grupos sociales dominantes imponen sus criterios de gusto “legitimando” ciertas formas de arte y no otras.

Una aplicación bastante obvia de este argumento al desarrollo del gusto musical reside en la dicotomía entre música “clásica” y “popular”, y en las formas como la primera ha sido tradicionalmente “legitimada” por la *élite* musical.

A continuación se reseñarán algunas investigaciones relacionadas con este aspecto, mismas que muestran una relación entre el grupo social al que se pertenece y los patrones de preferencia musical.

Dixon (1981) realizó un estudio en estudiantes universitarios blancos y negros, a quienes les dio a evaluar 16 géneros musicales. Y obtuvo como resultado que los patrones de preferencia eran muy distintos entre los grupos de sujetos blancos y negros.

Skipper (1975) en una muestra de estudiantes canadienses, encontró que sus preferencias musicales estuvieron conformadas de acuerdo al sexo, a la raza y a la clase social. Los estudiantes de clase social alta prefirieron la música clásica y folklórica, a diferencia del grupo de clase baja quienes prefirieron el rock pesado y el blues.

Schuessler (1948; en Hargreaves, 1998) les pidió a más de 1200 adultos que expresaran sus preferencias por grabaciones que presentaban ocho estilos musicales diferentes; y encontró que esas preferencias se relacionaban con el sexo y edad de los oyentes, así como con su ocupación. En general las grabaciones clásicas gustaban más a los sujetos de rango ocupacional más alto.

Rogers (1957; en Hargreaves, 1998) reprodujo piezas de música “clásica seria”, “clásica popular”, “para las comidas” y “popular” a 635 niños entre 8 y 16 años de edad. Una vez más, aunque en general prefirieron la música “popular”, las piezas “clásicas” les gustaron más a los sujetos de nivel socioeconómico más alto.

Los estudios delineados en esta sección demuestran que las personas de grupos socioeconómicos más altos tienen más probabilidades de preferir la música “seria” que las de grupos más bajos, y que las personas, en general, prefieren la música “popular” a la “seria”. De esto, no necesariamente se deduce que los grupos de nivel más bajo tiendan a preferir la música popular. Se debe tener en mente que la mayor parte de estas investigaciones se basa en el gusto musical de adolescentes y alumnos universitarios, y por lo tanto, no es representativo del público oyente en general. Esta población, en particular, probablemente sea el foco de la mayoría de los estudios, porque las preferencias musicales son una característica sobresaliente de la vida adolescente y universitaria, y probablemente den un cuadro más detallado de las influencias sociales de lo que podrían dar grupos con otro rango de edad.

Un elemento que subyace a todas estas variables que influyen en la respuesta que se genera ante la música, es la manera en que esta música es procesada y/o codificada en nuestro cerebro, ¿Cómo se percibe y procesa la música? ¿Qué estructuras cerebrales participan, o se activan ante el estímulo musical?. El siguiente capítulo describe de manera general las estructuras involucradas y especializadas en los diferentes niveles del procesamiento musical.

5. LA MÚSICA Y EL CEREBRO

5.1 Percepción y Procesamiento musical

De acuerdo con Ramos (1994), no se puede hablar de manera aislada de las estructuras involucradas en la percepción musical, sino que se habla de un complejo sistema, el Sistema nervioso, que involucra un conjunto de elementos, cada uno con una función, pero que comparten un fin común: procesar y estructurar un estímulo musical, dando origen a la experiencia musical.

Ante un estímulo como lo es la música, millones de neuronas pueden ser activadas, con la finalidad de relajar o tensar algún músculo, o bien cambiar la frecuencia cardíaca o la presión sanguínea, lo cual está directamente relacionado con el número de neuronas activadas ante tal experiencia.

La activación de los sentidos ante el sonido, la transmisión del movimiento físico, las sensaciones y/o respuestas emocionales, así como de memorización, son integradas, interpretadas y memorizadas en el cerebro. De esta manera, diferentes partes del cerebro procesan el evento simultáneamente.

A continuación, mencionaremos brevemente la importancia de algunas estructuras cerebrales relacionadas con la experiencia musical.

El proceso inicial del sistema, relacionado con la experiencia musical, capta los sonidos, que son cambios repetitivos en la presión de algún medio, comúnmente el aire o el agua. Son vibraciones con diferentes frecuencias, captadas y analizadas por el oído, y transformadas a señales eléctricas conducidas a través del nervio auditivo hacia el Sistema Nervioso Central. En el bulbo raquídeo se encuentran los núcleos cocleares que reciben la información del nervio auditivo. De estos núcleos parten vías hacia el complejo olivar superior, por un lado, y por otro hacia los cuerpos geniculados mediales en el tálamo. Otros núcleos que reciben las aferencias de los núcleos olivares superiores son los colículos inferiores. Los axones de los cuerpos geniculados y los colículos se proyectan hasta la corteza auditiva primaria en el lóbulo temporal. Las áreas primarias reciben y codifican el estímulo auditivo, y se comunican con las áreas secundarias (área 22 de Brodman), que permiten la diferenciación de grupos de estímulos acústicos presentados simultáneamente y también de series consecutivas de sonidos de diferente tono y estructuras acústicas rítmicas (Luria, 1984).

Además del adecuado funcionamiento de esta vía sensorial auditiva, también participan sistemas somatosensoriales en la percepción de un estímulo musical. La percepción musical, además de la capacidad de escuchar las notas, los tonos, los acordes, la duración, el timbre y la intensidad, requiere la capacidad de percibir las relaciones secuenciales y espaciales de las notas, su melodía, armonía, su ritmo. Las áreas de asociación temporo-parieto-occipitales juegan un papel importante en la integración, la interpretación y el almacenamiento de la información que reciben los diferentes sistemas sensoriales. La región prefrontal está en íntima comunicación con casi todas las zonas principales de la corteza cerebral y ejerce un papel decisivo en la formación de intenciones y programas, así como en la regulación y verificación de las formas más complejas de la conducta humana (Luria, 1984).

Estas áreas prefrontales de la corteza se encuentran en estrecha comunicación con estructuras que conforman el sistema límbico, de acuerdo con Campbell (1992), área esencial en el procesamiento musical, ya que es un mediador importante de las funciones sensoriales, además de que está involucrado en la producción de la actividad emocional, y tiene que ver con la memoria en general. Dicho sea de paso, para la apreciación y ejecución de una pieza musical se requiere de la memoria musical, motora y verbal. También se requiere de la memoria a corto plazo para seguir una asociación secuencial de notas y percibirla como música. En el caso de las canciones, la música está asociada, además, a una memoria verbal.

A continuación se describen brevemente algunas de las áreas que integran el sistema límbico así como sus tareas específicas (Ver Fig.1).

El *hipocampo*: Integra y memoriza mensajes sensitivos y de otro tipo, para otras partes del cerebro, un área por lo tanto, de primordial importancia para el aprendizaje. Permite que haya innovación, media los estados de alerta y la familiaridad ante los estímulos, así como la orientación espacial a los mismos.

Los *ganglios basales*: Regulan los movimientos voluntarios del cuerpo, en especial el inicio de los mismos.

La *amígdala*: se ha relacionado con el tono emocional, el placer, la conducta consumatoria, el miedo, la tristeza, la alegría, así como con el control de la agresión, la inhibición de la actividad emocional y la vocalización emocional (Joseph, 1982) y procesa la memoria a largo plazo. En el procesamiento musical la memoria a largo plazo es indispensable, puesto que al

escuchar una melodía, la persona utiliza la memoria para saber si la había escuchado previamente, qué experiencias han sido asociadas con ella y para categorizarla.

El *tálamo* recibe información de los sentidos e integra la información a diferentes áreas de la corteza.

El *hipotálamo* regula la temperatura corporal, el hambre, sed, conducta reproductiva y regula específicamente las expresiones físicas de la emoción, aceleración de la frecuencia cardíaca, elevación de la presión arterial, rubor o palidez de la piel, sudoración, piloerección, sequedad de boca y trastornos del aparato gastrointestinal. Sin embargo, la actitud emocional incluye aspectos subjetivos o “sentimientos” que son probables implicaciones de la corteza cerebral (Gilman y Winans,1989).

Finalmente, además de todas las áreas cerebrales mencionadas, para que la información auditiva sea recibida en la corteza cerebral, se requiere de un cierto nivel de activación del Sistema nervioso, regulado por la formación reticular. La formación reticular es activada por la estimulación de diferentes sistemas sensoriales, así como por la influencia de la corteza cerebral, que es donde la integración multisensorial toma lugar y un músico, atleta o artista pueden magnificar su aprendizaje mediante su activación.

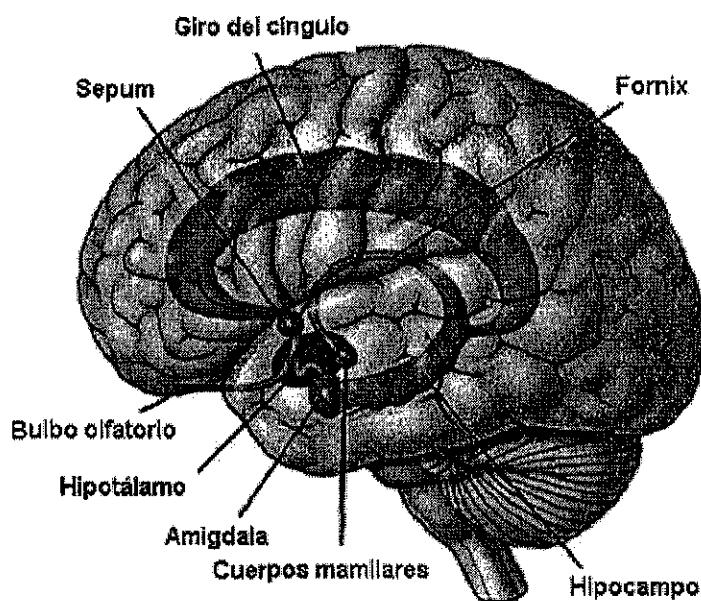


Fig. 1 Algunas estructuras que forman parte del sistema límbico, relacionado con la regulación de las emociones.

Sin duda, la habilidad para experimentar y reaccionar a la música está profundamente arraigada en la biología y funcionamiento de nuestro cerebro. Es por ello que la comprensión de las características de la música y de su procesamiento cerebral ha sido todo un desafío.

6. ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL

6.1 El electroencefalograma

A nivel del sistema nervioso central, las neuronas de la corteza cerebral emiten de forma continua y espontánea una actividad eléctrica de un determinado voltaje y amplitud; la cual se conoce con el nombre de actividad electroencefalográfica, o actividad eléctrica cerebral.

El electroencefalograma (EEG), como lo llamó Hans Berger en 1929, consiste en el registro de dicha actividad cerebral en aparatos de registro (polígrafos) que describen el potencial eléctrico como una onda sinusoidal. Dicha onda es captada por electrodos colocados ya sea en la superficie del cuero cabelludo o directamente en el manto cortical y por medio de la amplificación de la señal, y de un sistema analógico-digital, es graficada y cuantificada. Las primeras descripciones del EEG no contemplaban normas en cuanto a los sitios de registro y esto llevó a que se conviniera en usar sistemas comunes de colocación de electrodos. El primero de ellos fue el Sistema Internacional 10-20 diseñado por Jasper en 1958, que incorporó la designación de 21 sitios de registros del EEG que guardaban entre sí una relación proporcional al tamaño y la forma de la cabeza del individuo (Fig. 2). A partir de éste se describieron sistemas que incluían otros sitios, aunque el Sistema Internacional 10-20 continúa siendo el más utilizado. (Fernández y González, 2001).

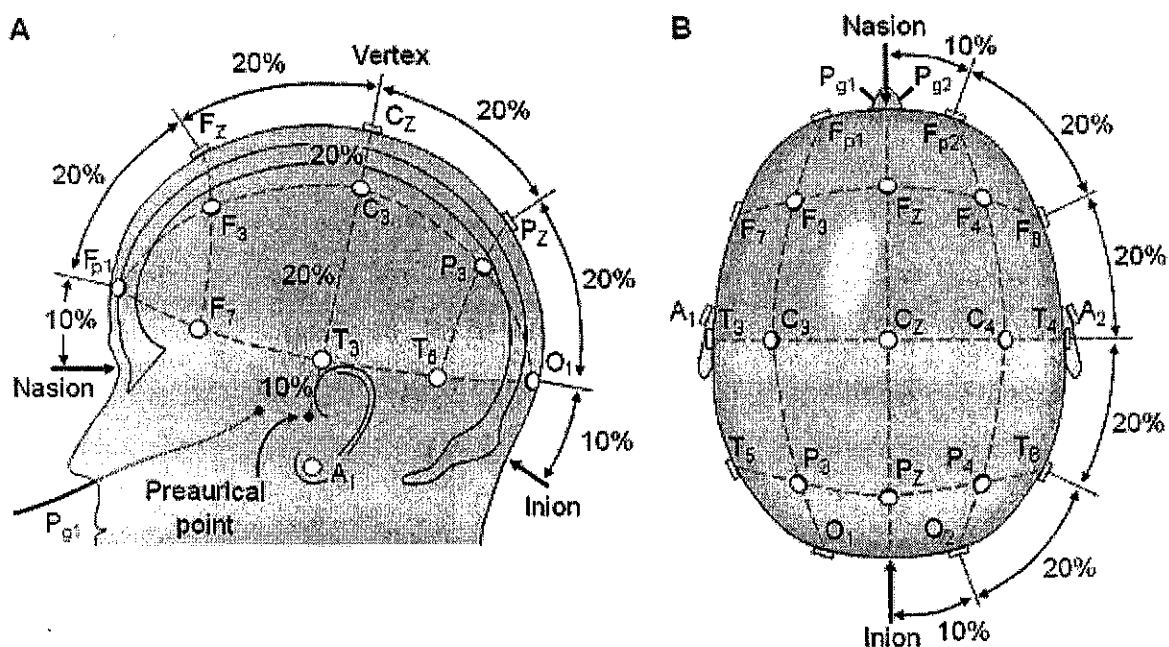


Fig. 2 Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos.

6.2 Características del EEG

Desde los primeros registros realizados, los investigadores se percataron de que el cerebro está continuamente en actividad, la actividad electroencefalográfica es dinámica y es el resultado de una multitud de factores como: el estado de conciencia (vigilia-sueño), el nivel de activación (reposo, alerta, atención) las entradas sensoriales (ojos abiertos, ojos cerrados), la aplicación de estímulos, la madurez del SNC, la salud y la patología cerebral, y la edad entre otros (Arce, 1993).

Desde los estudios de Berger, el EEG se ha dividido en cuatro bandas principales, de acuerdo a su morfología, frecuencia reactividad y topografía, para así facilitar su estudio: delta (δ), theta (θ), alfa (α) y beta (β) (Fig. 3).

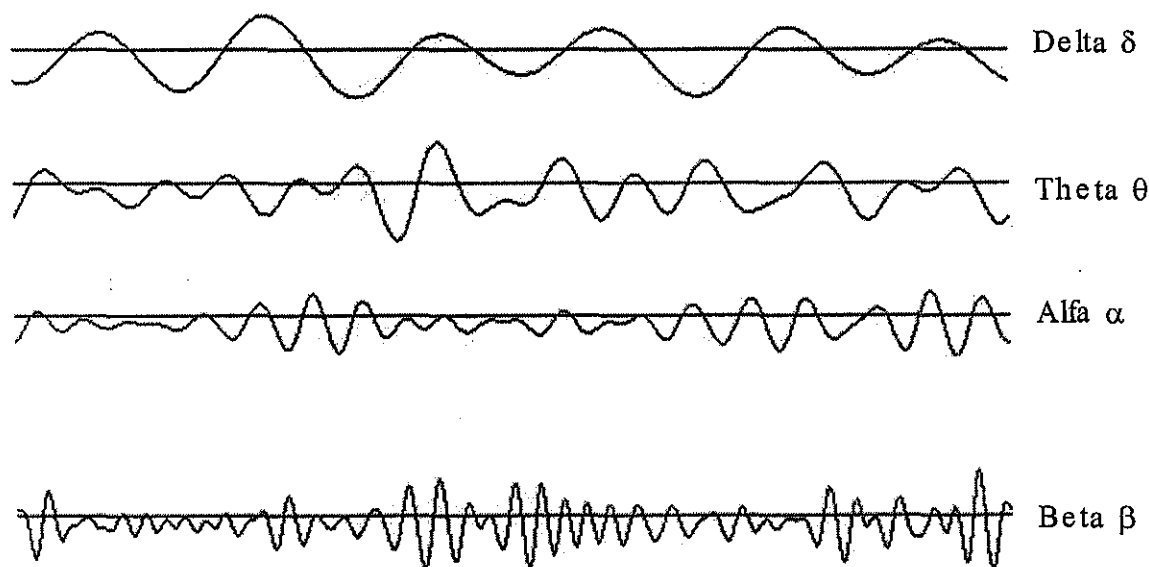


Fig. 3 Tipos de onda cerebrales

El ritmo delta (δ), con frecuencias de 1.5 a 3.5 Hz (ciclos por segundo) y una amplitud entre 100 y 300 μ V, constituye la actividad dominante durante los dos primeros años de vida y es característico del sueño profundo en las fases III y IV, se manifiesta también, en casos de lesión o daño cerebral (Corsi, 1983; Arce, 1993; Fernández y González, 2001).

Otra frecuencia que se ha descrito y cuyo rango se encuentra entre los 4 y los 7.5 Hz, con una amplitud entre los 50 y 75 μ V, pudiendo alcanzar los 100 μ V durante el sueño es la banda theta (θ). Dicha banda se observa fundamentalmente en la infancia y decrece de manera

progresiva con la edad. Se presenta también en las primeras fases del sueño lento; suele registrarse en regiones temporales y temporo-parietal de niños, así como, ante situaciones de tensión emocional en adultos, sobre todo cuando hay frustración. Este ritmo también se ha encontrado en casos de patología cerebral (Stewart, 1961; Corsi, 1983; Arce, 1993; Fernández y González, 2001).

La actividad más fácilmente reconocida en el EEG de la mayoría de los adultos normales en condición de reposo, con los ojos cerrados, es el ritmo alfa (α). Por lo general, el ritmo α tiene una frecuencia entre 8 y 13 Hz y un voltaje cercano a los 50 μ V. Este tipo de actividad es más frecuente en regiones posteriores de la corteza, especialmente en los lóbulos occipitales, aunque puede presentarse también en el resto de la corteza. El ritmo α aparece entre los 4-5 años de edad, es inicialmente inestable, estabilizándose hacia los 10 años y llega a ser como en el adulto a los 12. La actividad α es atenuada o bloqueada por estimulación, en especial por estimulación visual y auditiva. Cuando los ojos están abiertos, la actividad α tiende a “desaparecer”. Así mismo, el ritmo α es atenuado por el incremento de la vigilancia o ante cualquier tipo de atención o concentración (Stewart, 1961; Tyner, Knott y Mayer, 1983; Campbell, 1992; Fernández y González, 2001).

El ritmo beta (β) es un ritmo que aparece preferentemente en zonas anteriores de la corteza cerebral. Este ritmo es característico de los adultos en estado de vigilia y se ha relacionado con el alertamiento y la reacción de orientación ante estímulos externos. Generalmente, el ritmo beta tiene una amplitud de 30 μ V y abarca un rango de frecuencias entre los 13 y 30 Hz, aunque en ocasiones puede alcanzar los 50 Hz, en cuyo caso reciben el nombre de actividad Gamma. Normalmente, en los niños la actividad β posee una amplitud más elevada y una frecuencia de 16 a 24 Hz (Stewart, 1961; Tyner, Knott y Mayer, 1983; Ramos, 1989; Campbell, 1992; Fernández y González, 2001).

6.3 Análisis del EEG

El análisis del EEG se ha realizado a través de la inspección visual y de métodos cuantitativos digitales. Los análisis que se usan más comúnmente para estos métodos cuantitativos son la Transformada rápida de Fourier (TRF) y los análisis de Coherencia y Correlación.

Transformada Rápida de Fourier

Es un método matemático de análisis de señal eléctrica, cuyo objetivo es dividir la señal para obtener el valor de amplitud y frecuencia del EEG, ya sea de forma aislada, o de las frecuencias agrupadas en bandas (delta, theta1, theta 2, alfa1, alfa2, beta1 y beta2) y así obtener los denominados parámetros espectrales; entre los que se encuentran la potencia absoluta (PA) y la potencia relativa (PR) (Fig. 4)

La PA indica la cantidad de energía de las señales eléctricas que existe en una zona del cerebro en un momento dado. Y la PR se refiere a la proporción de PA con que contribuyen las diferentes bandas o frecuencias a la potencia total del espectro (Corsi, 1983; Arce, 1993; Guevara, 1995; Fernández y González, 2001).

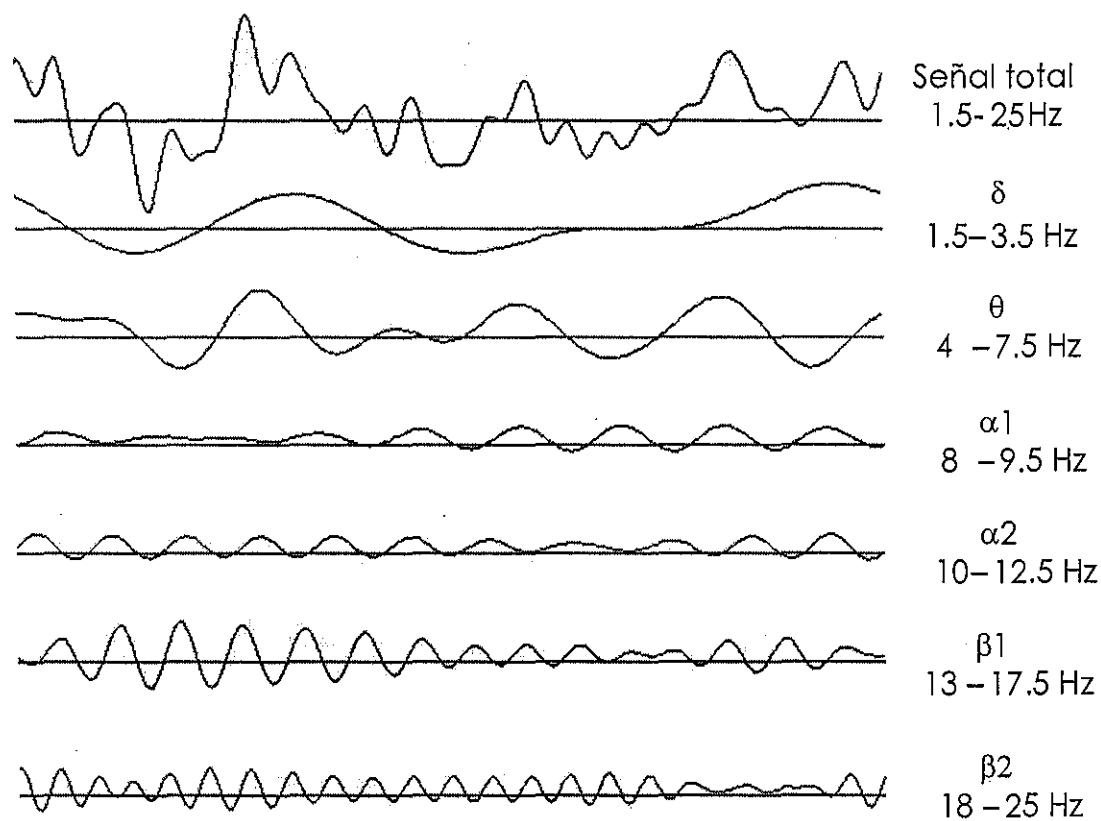


Fig. 4. Descomposición de una señal en sus bandas componentes, mediante la Transformada Rápida de Fourier

Análisis de Correlación

Al igual que el análisis de coherencia, el análisis de correlación se ha empleado para establecer una posible relación funcional entre diferentes regiones del cerebro, sólo que en lugar

de tomar en consideración la estabilidad de las señales en el tiempo, resalta la relación de fase entre las señales electroencefalográficas de dos áreas (Shaw, 1984). Para el cálculo de la correlación entre la actividad eléctrica de áreas corticales se usa el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson, que se ubica entre los índices que tienen mayor potencia estadística para encontrar posibles relaciones entre variables, y se aplica siempre que se tengan 2 variables continuas cuya relación sea lineal y de las que se hayan obtenido puntuaciones pares independientes.

La ventaja de utilizar análisis de correlación sobre el análisis de coherencia es que, entre otras cosas, permite conocer el sentido de la relación entre las señales a través del signo, aspecto que se pierde en la coherencia, y no depende del valor de la potencia (Guevara, 1995).

6.4 Cambios observados en el EEG durante la realización de tareas mentales

La evaluación de la relación que existe entre la actividad eléctrica cerebral y la ejecución de pruebas o tareas que miden diversas habilidades mentales, es estudiada con el propósito de ampliar el entendimiento de las habilidades mentales, así como de los mecanismos que gobiernan su mediación en el cerebro.

La primera observación de los cambios en la actividad eléctrica cerebral al pasar de una condición de reposo a una condición en que el sujeto realizaba una tarea mental fue realizada por Hans Berger en 1938 (Brazier, 1961); éstos consistían en una “desincronización” del EEG, la cual se presentaba como una supresión de la actividad α y un incremento de la actividad β . El sugiere, que la actividad α , retrata un cerebro en estado “pasivo” en contraste con uno “activo” en el que α desaparece y β o una actividad más rápida se incrementa. Entre los trabajos que estudian las relaciones de los parámetros espectrales del EEG con la actividad cognitiva están los que analizan las diferencias entre la tarea y el reposo, y aquellos en que el énfasis está en las diferencias que existen entre distintas tareas. A continuación se describen los resultados de algunas de estas investigaciones en relación a los cambios que han encontrado en las principales bandas del EEG durante la realización de tareas mentales.

Cambios en la actividad δ

Los cambios en δ no han sido tan explorados como en el resto de las bandas de frecuencia, sin embargo, el aumento de la actividad δ durante la ejecución de una tarea en relación con la

condición de reposo constituye un resultado consistente (Alcaraz et al., 1992; Fernández et al., 1993). Grey Walter en 1959, trata de explicar este hecho y consideró que, la actividad δ que ocurre durante la realización de tareas es quizá un signo de concentración o atención al proceso interno en el que se hace necesario, una inhibición de los estímulos irrelevantes para la ejecución de las mismas. Este hecho está apoyado por el incremento de actividad δ en regiones frontales en individuos que se encuentran en estado de meditación. Así mismo, otros trabajos apoyan también esta relación entre concentración interna y actividad δ (Kubota et al., 2001; Inanaga, 1998; Aftanas y Golocheikine, 2001). Por otro lado, la amplitud de δ se incrementa durante tareas de tipo "oddball". Dichas tareas consisten en presentar ya sea visual o auditivamente dos tipos de estímulos (prueba, no prueba). La tarea del sujeto es dar una respuesta, tan pronto como aparezca el estímulo prueba o relevante, el cual tiene una probabilidad muy baja de aparecer generalmente del 20% (Tueting, 1978 y Rugg y Coles, 1996). De acuerdo a esto, se ha concluido que la actividad δ se relaciona con detección de la señal y toma de decisiones (Basar-Eroglu, Basar, Demiralp y Schürmann, 1992).

Cambios en la actividad θ

Posiblemente, la actividad θ es el más investigado en los estudios neurofisiológicos que principalmente correlacionan los ritmos cerebrales con funciones cognitivas. Se ha reportado un incremento de actividad θ ante diferentes tareas cognitivas en relación con una condición de reposo que parece ser en ocasiones específico a la tarea (Fernández y González, 2001; Basar et al., 2001).

Así mismo se ha encontrado un incremento de θ relacionado con una mayor dificultad de la tarea (generalmente en áreas frontales) o cuando hay una mayor demanda de atención y alta expectativa o esfuerzo mental (Ballard, 1996; Corsi-Cabrera et al., 1996; Paus et al., 1997; Basar-Eroglu y Demiralp, 2001; Smit et al., 2004).

Por su parte Rugg y Dickens (1982), Klimesch et al. (1997); Klimesch (1999) y Bell, (2002), apoyan la idea de que la sincronización (incremento de los valores de potencia) del ritmo θ acompaña a un procesamiento relativamente activo y eficiente, y una codificación exitosa de la información reflejando componentes selectivos e intensivos de la atención, asociándolo también con un mayor número de respuestas correctas.

Cambios en la actividad α

Al analizar las diferencias que existen entre el reposo y la actividad cognitiva, el cambio electroencefalográfico más evidente, incluso detectable mediante la inspección visual del EEG, es la reducción de la actividad α durante la realización de la tarea. En general se describe este fenómeno como una característica común a todas las tareas mentales que involucran actividad cognitiva, estado normalmente descrito como “alertamiento relajado” (Klimesch et al., 2005; Klimesch et al., 1997, 1996).

A pesar de que se ha relacionado la supresión del α con la dificultad de la tarea, la emoción, la memoria y la atención, se ha propuesto que el α solo se encuentra relacionado con el tipo de demanda impuesta a la atención para procesar el estímulo, es decir, el α solo se modifica si la atención se enfoca a un estímulo externo o interno (Aftanas y Golocheikine; 2001; Kolev et al., 2001; Basar et al., 1999, 2000; Jausovec y Jausovec, 2000; Klimesch, 2000; Klimesch et al., 1997)

Cambios en la actividad β

Ray y Cole (1985) consideran que los aspectos cognoscitivos de la actividad mental se reflejan en la banda β ; sin embargo, en la literatura no se reporta que ocurra en forma consistente un incremento o un decremento de la actividad en esta banda respecto al reposo (Gevins et al., 1979; Petsche et al., 1992). Papanicolau et al., 1986 sugieren de acuerdo a sus resultados, que β debe incrementarse en el hemisferio más involucrado en la tarea cognitiva, pues encuentran un aumento de actividad β en regiones izquierdas, asociado a varias tareas respecto al reposo. Gundel y Wilson, (1992), reportan asimetrías en la actividad β , que consisten en mayor cantidad de β en el hemisferio izquierdo que en el derecho durante una tarea de búsqueda visual. Gutiérrez y Corsi-Cabrera, (1988), reportan también un incremento en la PR de β durante tres tareas (verbal, espacial y mixta) con respecto al reposo en P3, y en P4 sólo encontraron incremento de β durante la tarea espacial (P3 y P4 fueron las únicas derivaciones estudiadas).

Por otra parte, también se ha informado una disminución de la actividad β durante la realización de tareas (Tucker et al., 1985; Rippon, 1990; Petsche et al., 1992)

Otros estudios no señalan una tendencia única, sino que refieren aumento en algunas regiones, en general anteriores, y disminución en las restantes. También se ha propuesto la existencia de patrones de incrementos y decrementos de la actividad β en distintas regiones

cerebrales para tareas específicas, por ejemplo, las tareas de cálculo mental parecen caracterizarse por un incremento de actividad β en regiones frontales y un decremento en regiones posteriores (Petsche et al., 1992; Valentino et al., 1993).

7. TRABAJO EXPERIMENTAL

7.1 Introducción

De manera general, existen evidencias que apoyan el hecho de que la música es un estímulo capaz de producir cambios a diferentes niveles: fisiológico, emocional, motivacional y cognitivo-conductual. Puntualizando en lo relativo al nivel cognitivo-conductual, el procesamiento viso-espacial es de las habilidades cognitivas en la que más se ha estudiado el efecto de la música. Específicamente, algunos estudios realizados en adultos indican que el escuchar música de Mozart previamente a la realización de tareas viso-espaciales, causa una mejoría temporal en su ejecución la cual no se extiende a más de 10 a 15 minutos (Rauscher et al., 1993; Rideout y Laubach, 1996; y Rideout y Taylor, 1997). Paralelamente, otras investigaciones no han encontrado este efecto en sus resultados (Newman et al., 1995; Chabris, 1999; Steele et al., 1999 a y b). Las divergencias entre estos resultados pueden deberse a los diversos procedimientos empleados o a las pruebas utilizadas para evaluar las habilidades espaciales.

Cabe destacar que los estudios realizados en población infantil relacionados con el tema, están dirigidos a evaluar los efectos a largo plazo de un entrenamiento musical, más que simplemente escuchar música por un breve periodo. Por ejemplo, Rausher et al. (1997) evaluaron el efecto de la música a largo plazo en niños preescolares y mostraron que aquellos niños que recibieron lecciones de piano y un entrenamiento musical por seis meses, mejoraron dramáticamente sus habilidades espaciales, en comparación a otros grupos que recibieron entrenamiento en computadora o clases de gramática. Este efecto estuvo presente al menos 24 horas después de que concluyeron las lecciones de música, sin embargo, la duración precisa de la mejoría no fue ampliamente explorada.

Una explicación para los resultados obtenidos posteriores a escuchar música puede estar relacionada con la manera en que la música y el razonamiento espacial son procesados en el cerebro. Hay muchos estudios relacionados con la localización de la percepción musical, que utilizando técnicas como la tomografía por emisión de positrones (PET) y la resonancia magnética funcional, han mostrado que el escuchar música activa diversas áreas cerebrales. El área auditiva primaria que cae en el giro temporal transversal y superior, pero los componentes particulares de la apreciación musical como son el ritmo, el tono, la melodía y el timbre son procesadas en diferente áreas cerebrales, que van desde la corteza prefrontal y el giro temporal

superior hasta el precúneo en el lóbulo parietal (Ligeois-Chauvel et al. 1998). La discriminación del ritmo y del tono son procesados principalmente en el hemisferio izquierdo, mientras que el timbre y la melodía en el hemisferio derecho.

Algunos otros estudios, mediante el registro de EEG, han investigado la actividad eléctrica cerebral generada ante la música. Los resultados obtenidos en estos trabajos han encontrado un incremento en la sincronización de los patrones de disparo en las áreas frontal derecha y temporal izquierda del cerebro al escuchar por 10 minutos música de Mozart (sonata k448), la cual persistió por 12 minutos (Rideout y Laubach, 1996). Escuchar la sonata también incrementó el espectro de potencia de beta en regiones temporales y frontal derecha (Sarnthein et al., 1997). En otro estudio, ante la música (no de Mozart), resultó también un incremento en la potencia de beta, particularmente en el área del precuneo bilateralmente (Nakamura et al., 1999).

Con respecto a las áreas cerebrales implicadas en el procesamiento visoespacial, los resultados muestran que las zonas activadas incluyen regiones prefrontales, temporales y del precuneo, las cuales se traslapan con aquellas envueltas en el procesamiento musical (Mellet et al., 1996). De tal manera, es sugerido, que escuchar música puede preactivar áreas cerebrales implicadas en el razonamiento espacial (Leng y Shaw, 1991).

7.2 Planteamiento del problema de investigación

Como se menciono antes, los resultados en cuanto a los efectos de la música en las habilidades espaciales son contradictorios e inconsistentes entre si, algunos estudios han encontrado un mejor desempeño en la ejecución de tareas viso-espaciales tras escuchar música, particularmente de Mozart y otros no.

Por otro lado, los trabajos dirigidos a estudiar la acción de la música a largo plazo, se enfocan en evaluar el efecto de un entrenamiento musical formal, más que el escuchar música pasivamente durante un cierto periodo.

En cuanto a las explicaciones sobre los resultados obtenidos posteriores a escuchar música, se propone que puede estar relacionada con la manera en que la música y el razonamiento espacial son procesados en el cerebro y se ha sugerido que escuchar música puede preactivar áreas cerebrales implicadas en el razonamiento espacial. Sin embargo no tuvo acceso a estudios que observen si se presentan cambios en la organización funcional cerebral como

reflejo del efecto positivo de la música en el desempeño de tareas visoespaciales, en el caso de observarse.

Desde este marco, surgen las siguientes interrogantes:

¿Existe un efecto facilitador de la música, comparado con ruido blanco en un entrenamiento en habilidades viso-espaciales?

¿Los posibles efectos facilitadores de la música pueden reflejarse en cambios en la organización funcional del cerebro, medidos a través del EEG, durante la realización de una tarea viso-espacial?

7.3 Objetivo General:

Evaluar si la música ejerce un papel facilitador en el aprendizaje de habilidades visoespaciales a largo plazo, y si se presentan cambios en la actividad eléctrica cerebral asociados a este aprendizaje en niños.

7.4 Objetivos Específicos:

1. Identificar las diferencias entre el grupo que escuchó música y el grupo que escuchó ruido en la ejecución de tareas que evalúan aspectos visoespaciales, tanto en la sesión pre como en la sesión post entrenamiento.
2. Identificar las diferencias entre el grupo que escuchó música y el que escuchó ruido, en el EEG, durante la realización de una tarea visoespacial, tanto en la sesión pre como en la sesión post entrenamiento.
3. Identificar los cambios en el EEG de la sesión pre a la sesión post en el grupo de música y en el grupo de ruido.

7.5 Hipótesis General

La música tendrá un efecto facilitador en el aprendizaje de tareas visoespaciales lo que se reflejará en el EEG y el nivel de ejecución.

7.6 Hipótesis Específicas

H1 Los niños que escuchen música 10 minutos previos a un entrenamiento de habilidades visoespaciales, en comparación con los niños que escuchen ruido, tendrán un mejor desempeño en tareas viso-espaciales después del entrenamiento.

H2 Menor correlación Interhemisférica posterior al entrenamiento particularmente entre áreas parietales. Dichos cambios serán más marcados en el grupo que escuchó música.

H3 Mayor correlación intrahemisférica posterior al entrenamiento entre áreas frontales y áreas temporales y posteriores. Dichos cambios serán más marcados en el grupo que escuchó música.

7.7 Variables

Variables dependientes:

Tiempo de respuesta: tiempo que tarde el sujeto en presionar la tecla indicada ante la aparición del estímulo (registrado por la computadora).

Número de aciertos: se considerará acierto cuando el sujeto presione la barra espaciadora de la computadora, ante el estímulo correcto.

Número de errores: se evaluará como error cuando el sujeto presione la barra espaciadora de la computadora, ante cualquier estímulo que no sea el correcto.

EEG: se registrará la actividad eléctrica cerebral de cada sujeto y se calculará la potencia absoluta (PA), la Potencia Relativa (PR) y la correlación inter e intra hemisférica.

Variables independientes:

Entrenamiento: condición previa y posterior a un entrenamiento consistente en la realización de diferentes ejercicios relacionados con la práctica de habilidades visoespaciales.

Estimulación auditiva

Música: 17 piezas de Mozart, compiladas y secuenciadas por Don Campbell (2000), específicamente para estudiar los efectos de la música en diferentes tareas cognitivas.

Ruido Blanco: combinación de todas las frecuencias audibles

Variables controladas:

Lateralidad manual: se seleccionaron únicamente sujetos de lateralidad diestra.

Edad.- El rango de edad con el que se trabajó fue de 5.08 a 6.33 años.

Nivel de educación: niños de tercero de preescolar.

Cociente Intelectual: los sujetos tuvieron un cociente intelectual en la media y superior a la media, en base a la estandarización del Test de Matrices Progresivas de Raven (1989).

No Privación de sueño: la noche anterior al registro los sujetos durmieron el número de horas habituales.

No Ingesta de medicamentos: los sujetos no estuvieron bajo ningún tratamiento farmacológico por lo menos un mes antes de la fase experimental.

7.8 Metodología

7.8.1 Sujetos

Se acudió a dos escuelas privadas y se solicitó a la dirección trabajar con los niños que cursaban el tercer grado de preescolar. Una vez que se obtuvo la autorización, a cada niño se le aplicó el Test de Matrices Progresivas de Raven (versión coloreada) y la prueba de Token para niños de DiSimoni (1978) y se inició con el proceso de selección.

La selección se realizó por un lado, en función de la capacidad intelectual del niño, tomando como base el puntaje obtenido en el Test de Matrices Progresivas de Raven. Se incluyeron los sujetos que cayeron en los rangos superior al término medio y término medio, tomando como población normativa la estandarización realizada en Buenos Aires, Argentina en 1993 (ver estudio piloto 1). Por otro lado, otro criterio de selección fue el que tuvieran la habilidad para la comprensión y seguimiento de instrucciones. Para lo cual se les aplicó la prueba de Token para niños antes referida y se consideraron los niños que tuvieron un puntaje estándar en un rango de 506 o más correspondiente a un nivel de ejecución superior al término medio.

Se seleccionaron en total 22 niños (9 niños y 13 niñas) de entre 5.08 y 6.33 años de edad (\bar{X} = 5.80, σ = 389), sin antecedentes de daño cerebral, y diestros, evaluados mediante la subprueba de lateralidad incluida en la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) de Matute, Roselli, Ardila y Ostrosky (en prensa). Los niños participaron con consentimiento de sus papás quienes dieron su autorización por escrito después de que les fueron explicados los objetivos y condiciones de la investigación.

Además, con la finalidad de evaluar que los niños no tuvieran problemas auditivos a cada uno se le evaluó su capacidad auditiva. Para esto se utilizó un equipo reproductor de sonido con ajuste digital de volumen. Se reguló la intensidad del volumen de menos a más, hasta el momento en que el niño refería que escuchaba la música. Con el registro del nivel encontrado de todos los niños se obtuvo una media que fue el volumen utilizado para el experimento.

Asignación a grupos

Una vez determinados los puntajes de inteligencia y de seguimiento de instrucciones de cada uno de los sujetos, se clasificaron en 2 grupos con características y puntajes semejantes (ver tabla 1).

A ambos grupos se les entrenó, simultáneamente en tareas de habilidades espaciales durante 17 sesiones, las cuáles se realizaron 3 veces por semana y con una duración de 50 minutos cada una.

- ◆ Grupo Control (GR): Previamente al inicio de cada sesión de entrenamiento los niños escucharon 10 minutos de ruido blanco.
- ◆ Grupo Experimental (GM): Previamente al inicio de cada sesión de entrenamiento los niños escucharon 10 minutos de música.

Tabla 1. Características de los grupos.

	GRUPO CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
	MEDIA	DS	MEDIA	DS
EDAD (en años)	5.75	0.34	5.85	0.43
PUNTAJE EN LA PRUEBA DE RAVEN	60.45	18.76	66.36	20.01
PUNTAJE EN LA PRUEBA TOKEN	55.72	3.37	56.81	1.99

7.8.2 Estímulos musicales

17 piezas de Mozart compiladas por Don Campbell (2000), específicamente para estudios sobre efectos de la música en diferentes tareas cognitivas.

Se utilizaron melodías de Mozart dado que existen evidencias (Rauscher et al.,1993; Rideout y Laubach, 1996; y Rideout y Taylor, 1997) de que al margen de los gustos del oyente o de haber escuchado antes al compositor, la música de Mozart tranquiliza a los oyentes, mejora sus habilidades espaciales y les permite expresarse más claramente.

7.8.3 Entrenamiento

Las sesiones de entrenamiento fueron en total 17 con una duración de 50 mins. cada una y se realizaron 3 veces por semana. Básicamente, en estas sesiones los niños realizaron diversos ejercicios diseñados en base a textos y pruebas ya establecidas como el Raven (1996), Frostig (1999) y Ahumada (2001a y b).enfocados en estimular diferentes habilidades viso-espaciales: razonamiento espacial, coordinación viso-espacial y reconocimiento espacial.

Como ejercicios de razonamiento temporal espacial se utilizaron 14 rompecabezas; 15 laberintos y 13 de espacio gráfico que involucran la coordinación viso-espacial, y finalmente 18 reactivos de identificación de figuras ocultas o imágenes sobrepuestas que comprenden el reconocimiento espacial. Se dedicaban 10 minutos de cada sesión a cada uno de los diferentes tipos de ejercicios, dando un total de 40 minutos.

Cabe señalar que a lo largo de las sesiones de entrenamiento se fue graduando el nivel de dificultad, presentándose en los primeros entrenamientos ejercicios más simples y en los últimos más complejos (Por ejemplo, en los rompecabezas se aumentaba el número de piezas).

Finalmente, al concluir el entrenamiento ambos grupos pasaron nuevamente por las fases de evaluación neuropsicológica y registro de EEG.

Antes (Pre) y después (Post) de las sesiones de entrenamiento se evaluaron las habilidades espaciales a cada niño.

7.8. 4 Evaluación de Habilidades Viso-espaciales (ENI)

Para la evaluación del razonamiento viso-espacial, se utilizaron las siguientes subpruebas de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) de Matute, Roselli, Ardila y Ostrosky (en prensa).

Habilidad constructiva (construcción con palillos, copia de figura, copia de figura compleja).

Perceptual visual (identificación de imágenes superpuestas, identificación de imágenes borrosas, cierre visual, reconocimiento de expresiones e integración de objetos).

Habilidades Espaciales (Dibujos vistos desde varios ángulos, orientación de líneas).

Matrices

7.8.5 Tarea de identificación de patrones

La tarea fue aplicada de manera simultánea al registro de EEG y es de tipo viso-espacial, modificada a partir de una versión utilizada en adultos probada en otras investigaciones (Gutiérrez & Corsi, 1988; Arce et al., 1995 y Ramos et al., 1993). Cabe señalar que, antes de su aplicación, dicha tarea fue piloteada a fin de determinar el nivel de dificultad óptimo para la edad de los sujetos de la muestra (ver anexos).

Consistió en seleccionar una figura simple que esta dentro de una más compleja (Ver fig. 5) solo hay una respuesta correcta y tiene minuto y medio máximo por estímulo para responder.

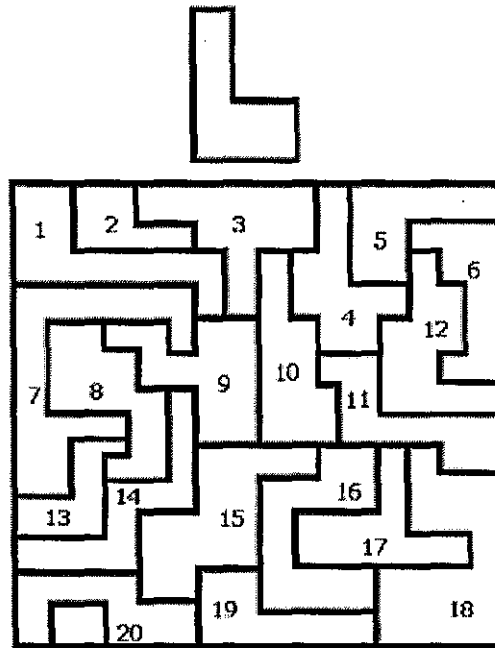


Fig. 5 Esquema de la tarea

Los sujetos se sentaron cómodamente a 60 cm. de un monitor de computadora en el cual se les presentaron secuencialmente los reactivos a resolver. La respuesta del sujeto consistió en oprimir una tecla de la computadora, la cual registró automáticamente el tiempo promedio que tardó en responder el sujeto a cada reactivo. Cada pieza permaneció minuto y medio en la pantalla y si el niño no respondía se presentaba la siguiente. Este programa fue elaborado con fines específicos por el Dr. Miguel Ángel Guevara.

Los puntajes de ejecución del sujeto (aciertos y errores) fueron registrados por el experimentador en base a la respuesta verbal del sujeto.

Cabe señalar que, antes de iniciar la presentación de las piezas se realizó un ejemplo, a fin de asegurarnos que se comprendieron las instrucciones. El ejemplo y su explicación fueron los mismos para cada sujeto.

Las instrucciones generales fueron: "Este dibujo que ves en la pantalla (señalando el dibujo) está formado por 20 piezas, aquí arriba te van a ir apareciendo cada una y tu me tienes que decir cuál es, si por ejemplo es la 1 me dices: es la 1. Pero tienes que fijarte muy bien porque te pueden aparecer así como las ves, o volteadas a la derecha o a la izquierda, o de cabeza

(y se hacía con la mano el movimiento correspondiente). Solo hay una respuesta correcta, encuéntrala lo más rápidamente posible y no se vale estarse moviendo mucho, ni hablar”

7.8.6 Registro Electrofisiológico

Se registraron las respuestas electroencefalográficas (EEG) en reposo con ojos abiertos y con ojos cerrados y durante la realización de una tarea viso-espacial. El EEG fue registrado en las derivaciones: F3, F4, T5, T6, P3, P4, O1 y O2, de acuerdo con el Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos, con la oreja ipsilateral como referencia por medio de un polígrafo Grass (filtros de 0.1 a 35 Hz). La impedancia de los electrodos fue menor de 10 Kohms. Las muestras fueron de 256 puntos a una frecuencia de muestreo de 256 Hz. Se revisó el EEG fuera de línea para eliminar segmentos contaminados. Posteriormente, se obtuvieron los valores normalizados de la PA, PR (John, 1987), rTER y la rTRA, tanto para la condición de reposo (LB) como durante la realización de la tarea (TA) en las condiciones Pre y Post entrenamiento.

7.8.7 Procedimiento

Primeramente los sujetos seleccionados se clasificaron de manera aleatoria en 2 grupos: aquéllos que escucharon ruido blanco (GR) y aquéllos que escucharon la música de Mozart (GM) durante 10 min. previos al entrenamiento visoespacial. Tanto Antes (Pre) como después (Post) de las 17 sesiones de entrenamiento, en una sesión se evaluaron las habilidades espaciales mediante la ENI (Matute et al., en prensa) y en otra se registró la actividad eléctrica cerebral (EEG) durante el reposo y durante la ejecución de la tarea de identificación de patrones previamente descrita.

En la Fig. 6 se muestra de manera esquemática el diseño experimental.

Diseño Experimental

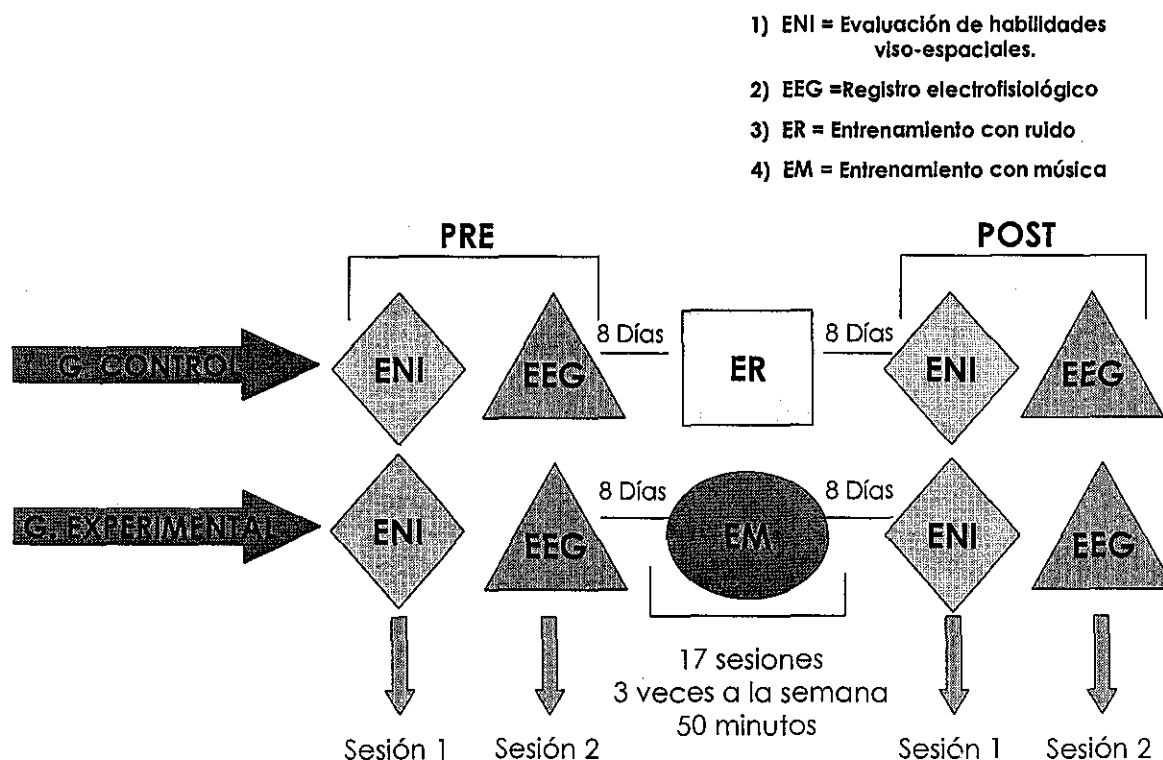


Fig. 6 Esquema del diseño experimental

7.8.8 Análisis Estadístico

Sesión Pre-entrenamiento

EEG

Con el objetivo de corroborar que los grupos no diferían desde un inicio en los valores de los parámetros del EEG antes mencionados y de determinar las diferencias en la actividad eléctrica ante una condición de reposo en relación a la de resolver una tarea, se analizó la actividad eléctrica de la sesión pre entrenamiento, y se realizaron análisis de varianza (ANDEVAS) de parcelas divididas de 3 factores (axbxc) por separado para cada parámetro y para cada banda (δ de 1.5 -3.5 Hz; θ_1 de 4 -5.5; θ_2 de 6-7.5 Hz; α_1 de 8- 9.5 Hz; α_2 de 10-12.5 Hz; β_1 de 13-17.5 Hz y β_2 de 18-25 Hz).

En donde:

Factor A = Grupos (Música – Ruido)

Factor B = Condiciones (LB-TV)

Factor C = Derivaciones (F3, F4, T5, T6, P3, P4, O1, O2)

Posteriormente, con las interacciones significativas se realizaron pruebas Tukey con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Cambios Pre-Post entrenamiento

Evaluación de Habilidades Viso-espaciales (ENI)

Se obtuvo un puntaje global de cada una de las 4 subpruebas de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): habilidad constructiva, perceptual visual, habilidades espaciales y matrices, sumando cada uno de los reactivos que las integran y se realizaron pruebas t con cada medida.

Tarea de Identificación de Patrones

El nivel de ejecución de los sujetos se analizó mediante pruebas t para cada medida conductual (el tiempo de respuesta, número de aciertos y número de errores).

Es importante destacar que para el análisis de esta prueba fueron eliminados 3 sujetos debido a que no entendieron las instrucciones de la tarea.

Por otro lado a fin de ver los cambios en la actividad eléctrica en la condición post entrenamiento y eliminar posibles efectos del paso del tiempo o maduración se obtuvo la diferencia TV – LB y se realizaron ANDEVAS de parcelas divididas (grupos x condiciones x derivaciones) igualmente por separado para cada parámetro y para cada banda, en donde:

Factor A = Grupos (Música – Ruido)

Factor B = Sesiones (Pre-Post)

Factor C = Derivaciones (f3, f4, t5, t6, p3, p4, o1, o2)

8. RESULTADOS

8.1 Sesión Pre-entrenamiento

EEG

En los análisis realizados para la sesión Pre-entrenamiento con las diferentes bandas y parámetros del EEG, no se observaron diferencias significativas entre grupos pero sí entre condiciones (LB y TV) y entre derivaciones (F3, F4, T5, T6, P3, P4, O1, O2).

A. Potencia Absoluta

En la PA fue significativa la interacción condiciones x derivaciones en todas las bandas con excepción de δ . A continuación se presentan los valores de F y p de cada banda.

$\theta 1$ ($F_{(7,98)}= 4.65$, $p= 0.0003$)

$\theta 2$ ($F_{(7,98)}= 2.93$, $p= 0.008$)

$\alpha 1$ ($F_{(7,98)}= 5.50$, $p= 0.00008$)

$\alpha 2$ ($F_{(7,98)}= 2.49$, $p= 0.02$)

$\beta 1$ ($F_{(7,98)}= 2.82$, $p= 0.01$)

$\beta 2$ ($F_{(7,98)}= 4.16$, $p= 0.0007$)

Theta 1 y Theta 2

Como puede observarse en la figura 7 a y b, se incrementa la PA de $\theta 1$ y $\theta 2$ en las derivaciones frontales, y temporales, así como en occipitales izquierdos al realizar la tarea en comparación con la LB ($p < 0.01$).

Alfa 1 y Alfa 2

En el caso de $\alpha 1$ se observa un decremento la PA al realizar la tarea en O2 ($p < 0.01$). (ver Fig. 7c). De manera contraria, la PA de $\alpha 2$, se incrementa significativamente en áreas frontales al realizar la tarea ($p < 0.01$). (Fig. 7d)

Beta 1 y Beta 2

Como puede observarse en la imagen 7 e y f la PA de beta también se incrementa al realizar la tarea, en $\beta 1$ en temporales ($p < 0.01$), parietales ($p < 0.05$) y frontal y occipital izquierdos ($p < 0.01$) y en $\beta 2$ en todas las derivaciones con excepción de F4 ($p < 0.01$).

Potencia Absoluta

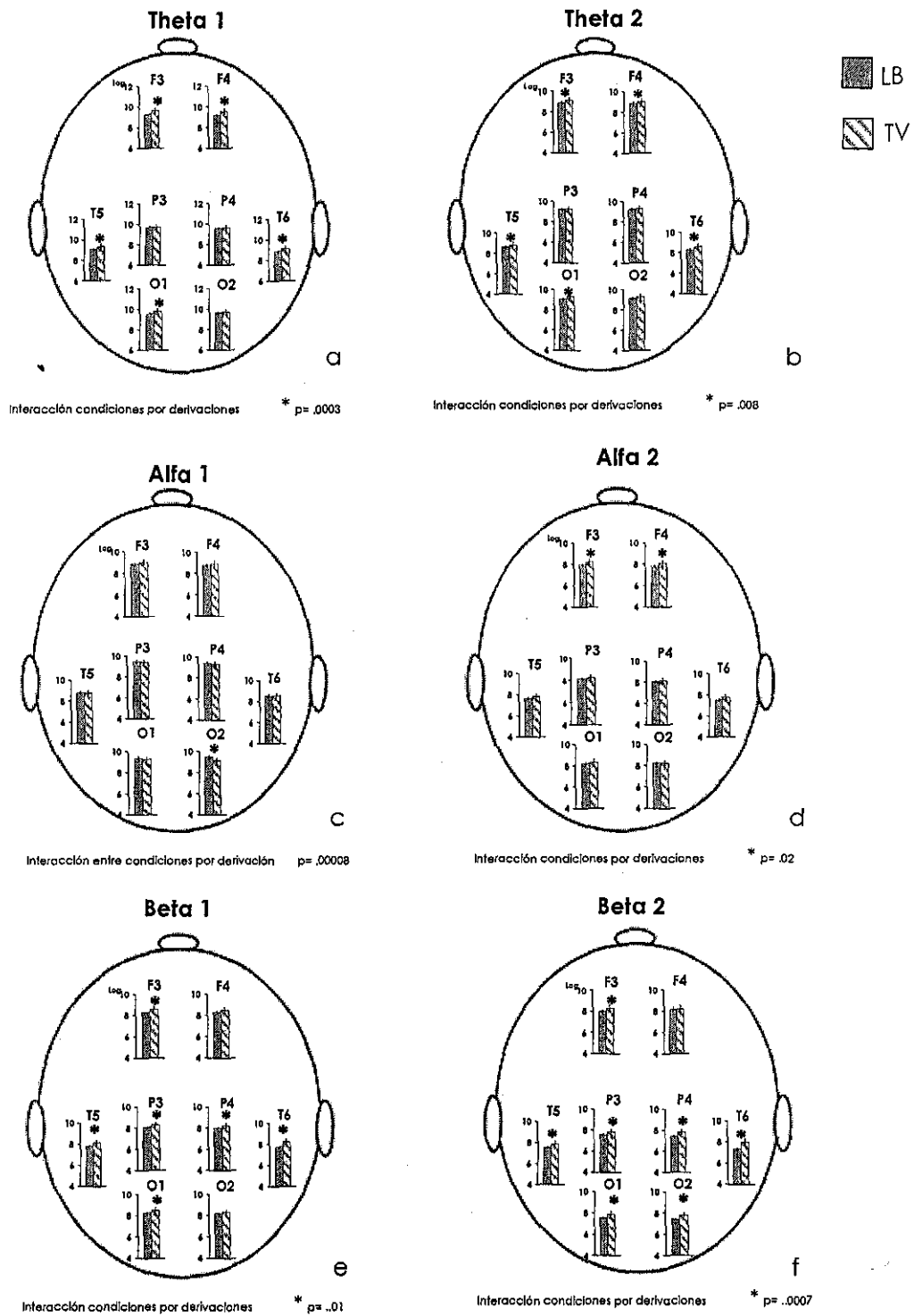


Fig. 7. Media y error estándar de la potencia absoluta de theta 1, theta 2, alfa 1, alfa 2, beta1 y beta 2, en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en las derivaciones F3, F4, T5, T6, P3, P4, O1, O2.

B. Potencia Relativa

Por su parte, la PR mostró una interacción significativa entre condiciones por derivaciones en las bandas: δ ($F_{(7,98)} = 2.04$, $p = 0.05$), $\alpha 1$ ($F_{(7,98)} = 2.55$, $p = 0.01$) y $\beta 2$ ($F_{(7,98)} = 5.55$, $p = 0.00008$).

Delta

Como se ilustra en la Fig. 8a, δ presenta significativamente mayor PR de δ realizar la tarea en P4 ($p < 0.01$).

Alfa 1

Por su parte la PR de $\alpha 1$, mostró una disminución significativa ante la ejecución de la tarea en T5 ($p < 0.05$), P4, O1 y O2 ($p < 0.01$) (Fig. 8b).

Beta 2

En el caso de $\beta 2$, la prueba de Tukey muestra que la PR se decrementa significativamente en T6 al realizar la tarea ($p < 0.01$) (Fig. 8c).

Potencia Relativa

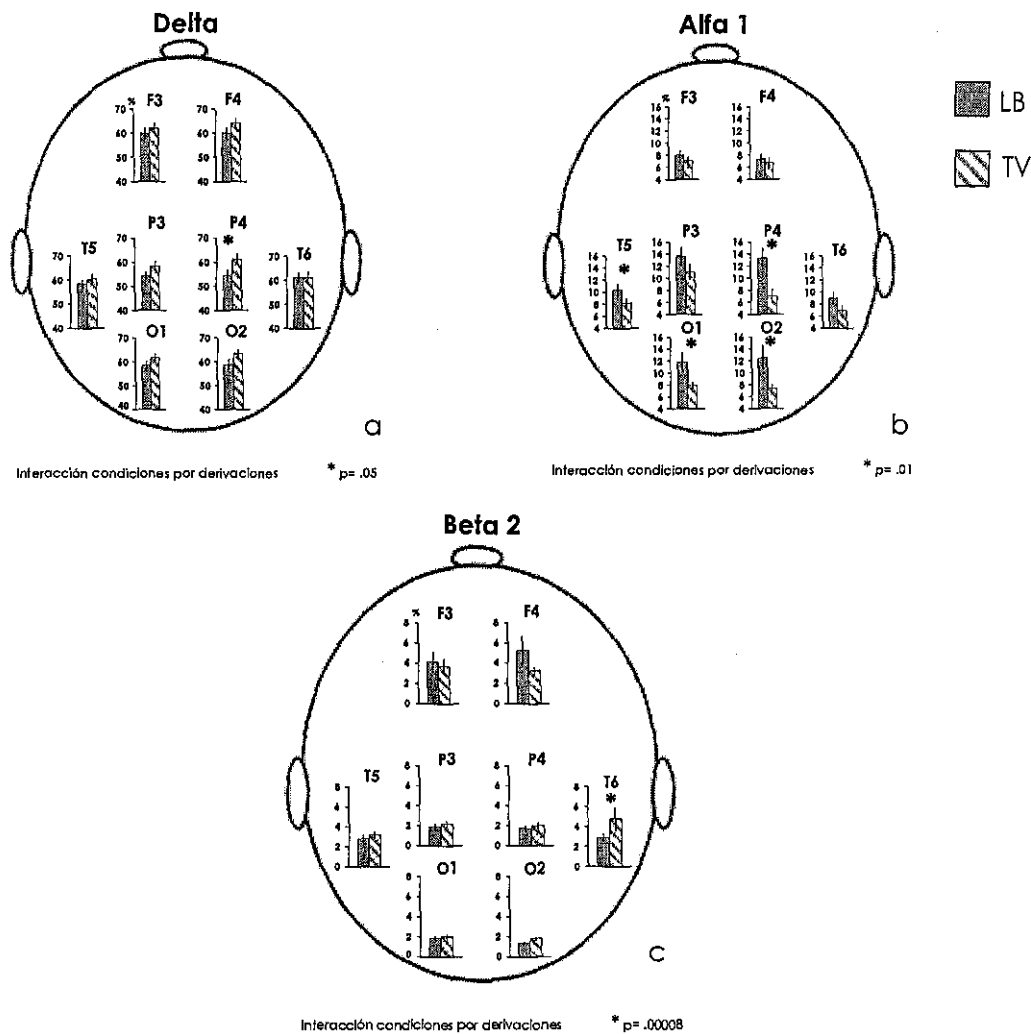


Fig. 8. Media y error estándar de la potencia relativa de delta, alfa 1 y beta 2, en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en las derivaciones F3, F4, T5, T6, P3, P4, O1, O2.

C. Correlación Interhemisférica

La correlación Interhemisférica, presentó diferencias significativas entre condiciones en las bandas δ y α_2 . En las figuras. 9 y 10 (b), se observa que los valores de r_{TER} δ y α_2 , fueron significativamente menores al realizar la tarea en comparación con la LB ($F_{1,112}= 4.17, p= 0.05$ y $F_{1,112}= 5.65, p= 0.03$, respectivamente). De igual manera, en estas mismas figuras en a) se observa que particularmente este decremento tiende a ser más marcado en áreas parietales.

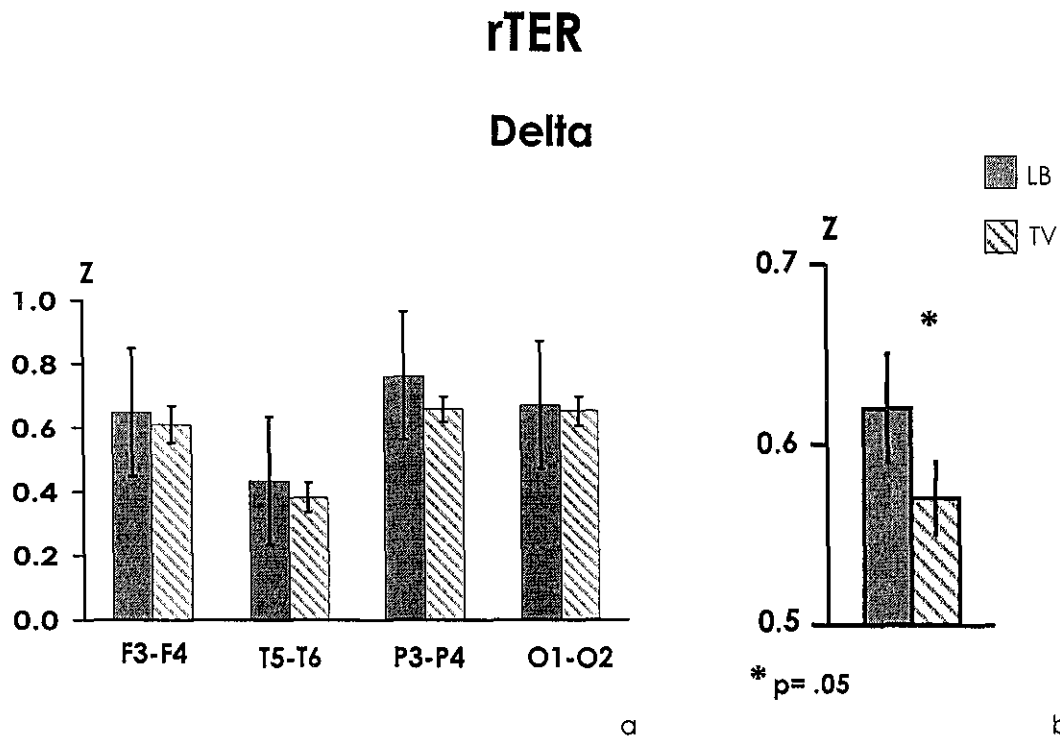


Fig. 9. a) Media y error estándar de la correlación interhemisférica (rTER) de delta entre áreas frontales, temporales, parietales y occipitales, en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV). B) Media y error estándar de la rTER de delta efecto principal derivaciones en las condiciones LB y TV.

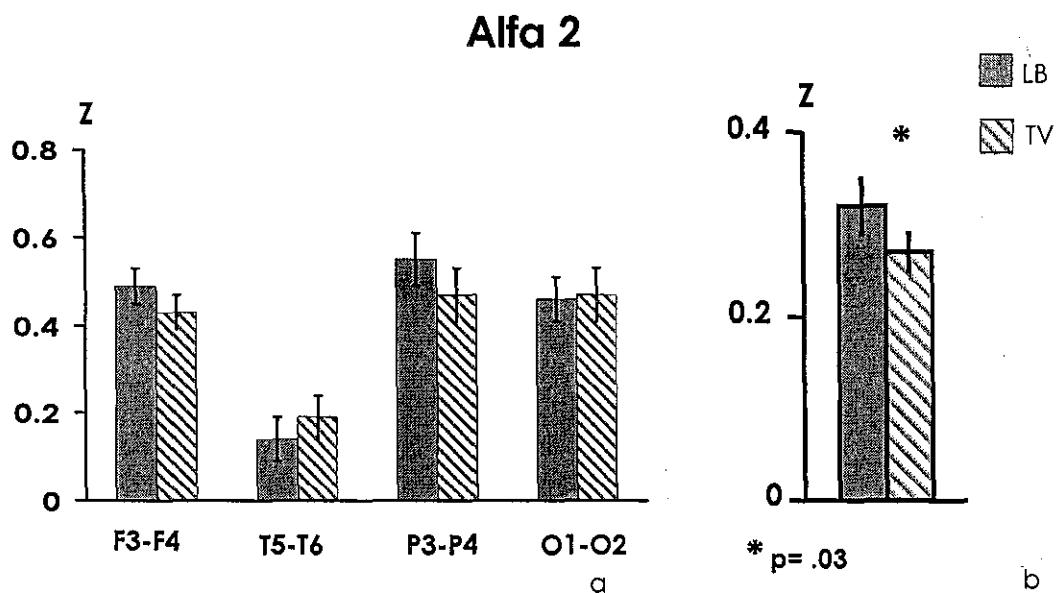


Fig. 10. a) Media y error estándar de la correlación interhemisférica (rTER) de alfa 2 entre áreas frontales, temporales, parietales y occipitales, en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV). b) Media y error estándar de la rTER de alfa 2 efecto principal derivaciones en las condiciones LB y TV.

D. Correlación Intrahemisférica

Para la rTRA se realizaron análisis por separado entre las áreas frontales y el resto de las derivaciones (F3-T5, F3-P3, F3-O1, F4-T6, F4-P4, F4-O2) y entre temporales-parietales y parietales (T5-P3, T5-O1, T6-P4, T6-O2, P3-O1, P4-O2).

Únicamente los análisis realizados para áreas frontales mostraron diferencias significativas entre condiciones en las bandas δ ($p=0.03$) y θ_1 ($p=0.05$). La rTRA entre áreas frontales y áreas temporales y posteriores se incrementa significativamente al realizar la tarea en comparación con la LB (ver Figs. 11 y 12).

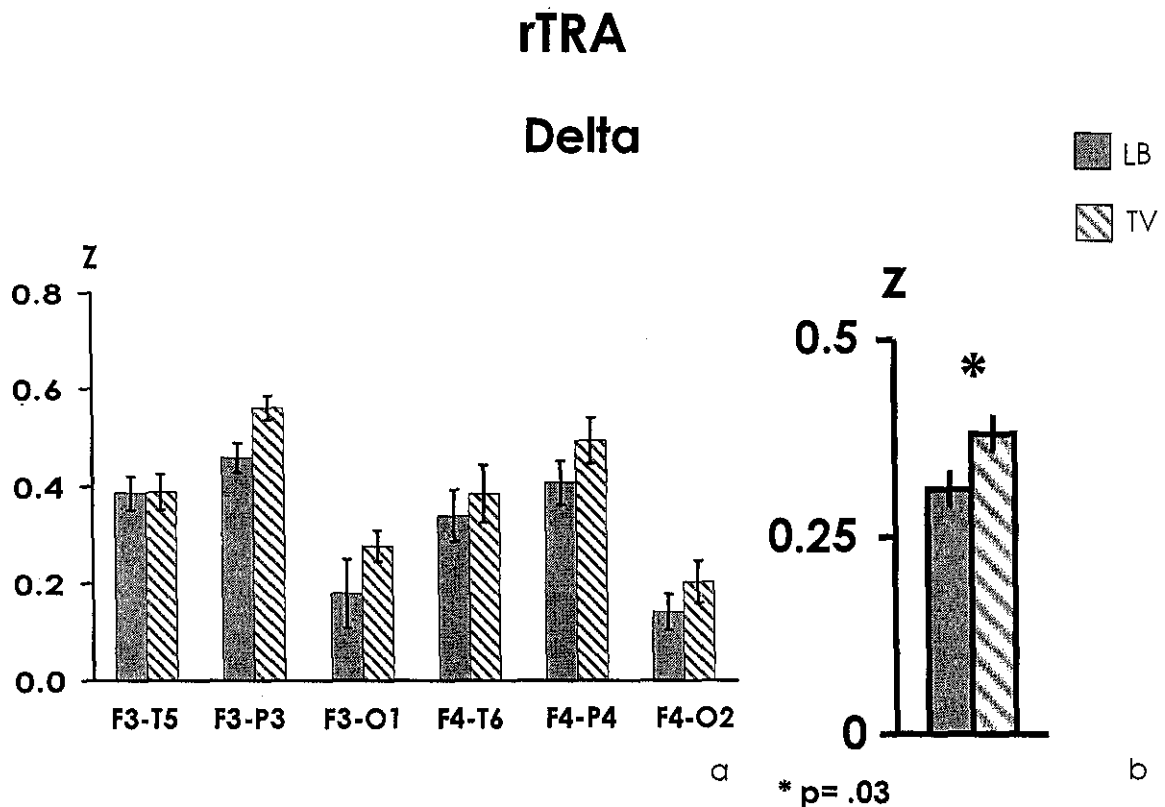


Fig. 11. a) Media y error estándar de la correlación intrahemisférica (rTRA) de delta 2 entre áreas frontales y áreas temporales, parietales y occipitales, en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV). b) Media y error estándar de la rTRA de delta efecto principal derivaciones en las condiciones LB y TV.

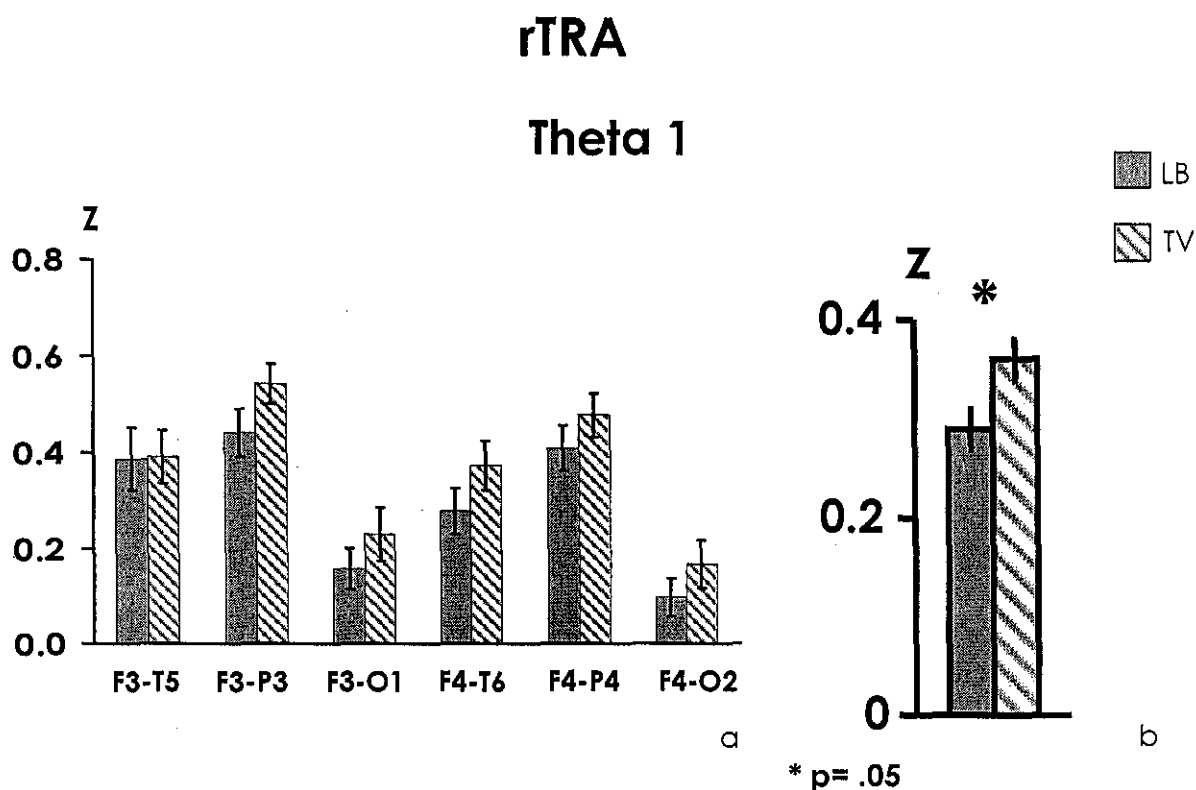


Fig. 12. a) Media y error estándar de la correlación intrahemisférica (rTRA) de theta 1 entre áreas frontales y áreas temporales, parietales y occipitales, en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV). b) Media y error estándar de la rTRA de theta 1 efecto principal derivaciones en las condiciones LB y TV.

8.2 Cambios Pre-Post entrenamiento

Evaluación de Habilidades Viso-espaciales (ENI)

Las pruebas t realizadas para la evaluación de habilidades viso-espaciales, no mostraron diferencias significativas entre grupos en la evaluación pre.

Entre las evaluaciones pre-post entrenamiento, se encontraron diferencias en 3 subpruebas: *perceptual visual* (PV), *matrices* (M) y *habilidades constructivas* (HC). Como puede observarse en la Fig. 13, en la subprueba PV ambos grupos mostraron un mayor puntaje en la evaluación posterior al tratamiento (post) ($t_{(9)} = -5.55$, $p = 0.002$ para el GR y $t_{(9)} = -2.70$, $p = 0.01$ para el GM). En cuanto a la subprueba MA solo el GR presentó un mayor puntaje en la evaluación post con relación a la pre ($t_{(9)} = -4.12$, $p = 0.001$) (Fig. 14). Finalmente, en la Fig. 15 se

ilustra en relación a la subprueba HC, en donde el GM incrementó significativamente su puntaje ($t(9)=-4.20, p=0.002$).

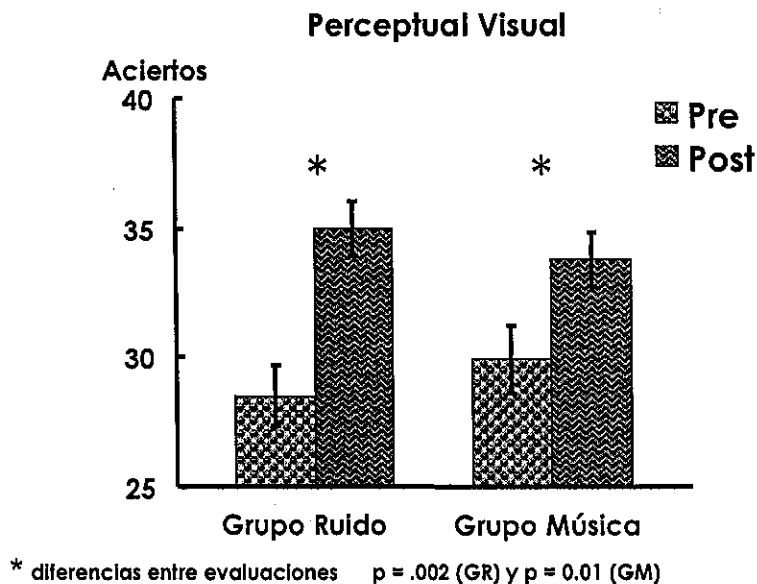


Fig 13. Media y error estándar del número de aciertos en la subprueba Sensorial Perceptual Visual de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), en los grupos Ruido (GR) y Música (GM) en las evaluaciones pre y post entrenamiento. Ambos grupos muestran significativamente un mayor puntaje en la evaluación post.

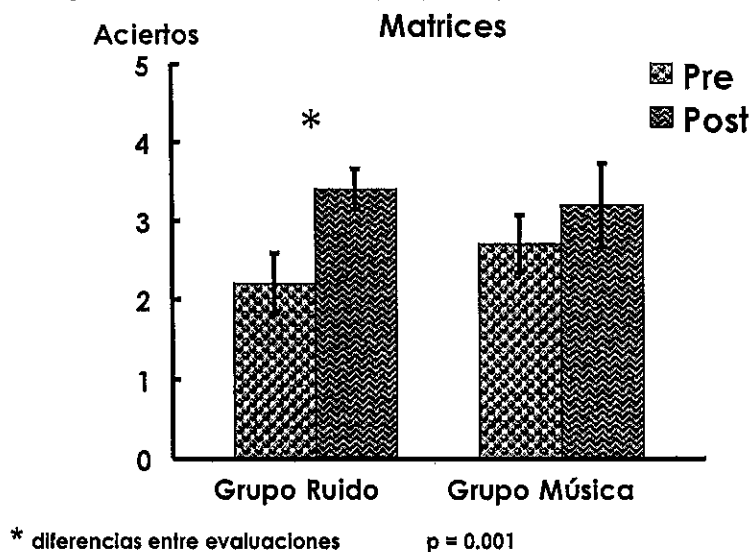


Fig 14. Media y error estándar del número de aciertos en la subprueba Matrices de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), en los grupos Ruido (GR) y Música (GM) en las evaluaciones pre y post entrenamiento. El GR muestra un incremento significativo en el número de respuestas correctas en la evaluación post.

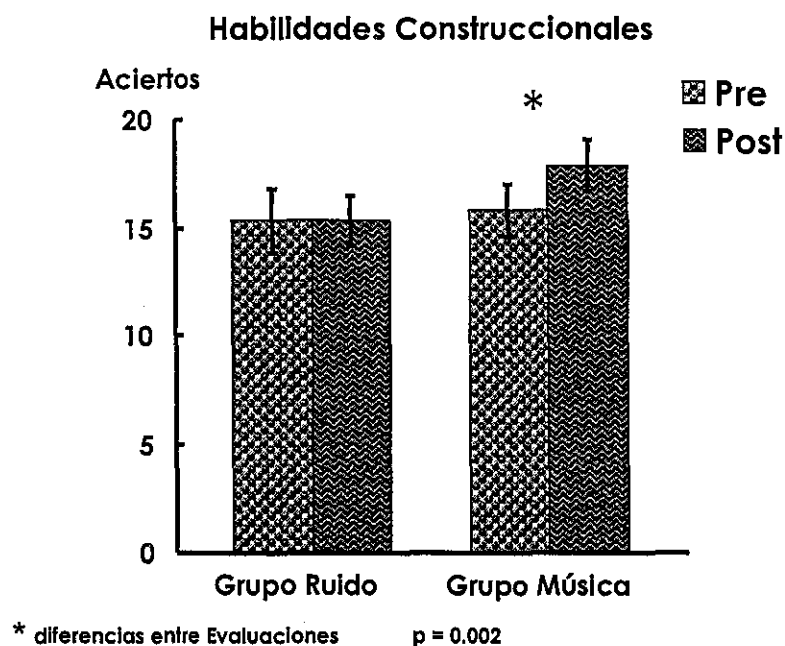


Fig 15. Media y error estándar del número de aciertos en la subprueba Habilidades Construccionales de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), en los grupos Ruido (GR) y Música (GM) en las evaluaciones pre y post entrenamiento. El GM muestra un incremento significativo en el número de respuestas correctas en la evaluación post.

Por otro lado, se realizaron pruebas t para cada una de las subpruebas que integran las pruebas evaluadas de la ENI (*Sensorial perceptual visual, Habilidad constructiva, Habilidades Espaciales y Matrices*). Los análisis no mostraron diferencias significativas entre grupos.

Para la prueba *Sensorial perceptual visual*, en 4 subpruebas que la integran (identificación de imágenes superpuestas, identificación de imágenes borrosas, cierre visual e integración de objetos) se encontraron diferencias significativas entre las evaluaciones pre-post entrenamiento, en donde solo el GR mostró diferencias significativas ($t_{(9)}=-3.15$, $p=0.01$, $t_{(9)}=-4.81$, $p=0.001$, $t_{(9)}=-3.43$, $p=0.007$ y $t_{(9)}=-4.025$, $p=0.003$, respectivamente) (Fig. 16).

En cuanto a la prueba de *Habilidades constructivas* solo la subprueba de habilidades gráficas (copia de figuras) resultó significativa en donde sólo GM mostró diferencias ($t_{(9)}=-2.75$, $p=0.02$) Fig. 17.

Finalmente, ninguna de las subpruebas que integran la prueba *Habilidades Espaciales* (Dibujos vistos desde varios ángulos, orientación de líneas) mostró cambios significativos.

Prueba Sensorial Perceptual (ENI)

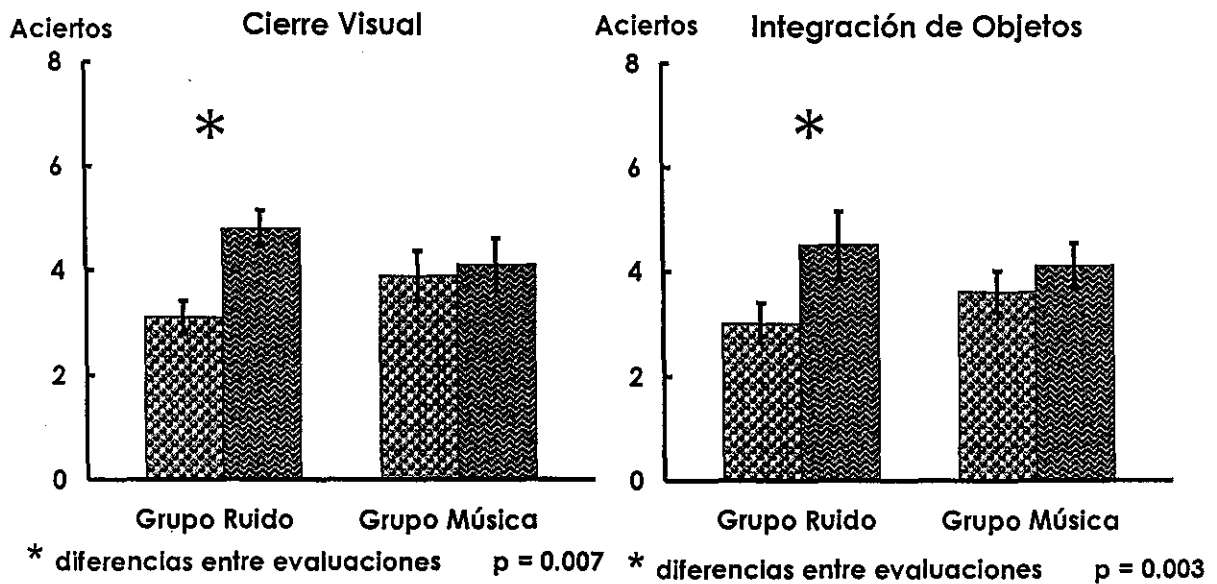
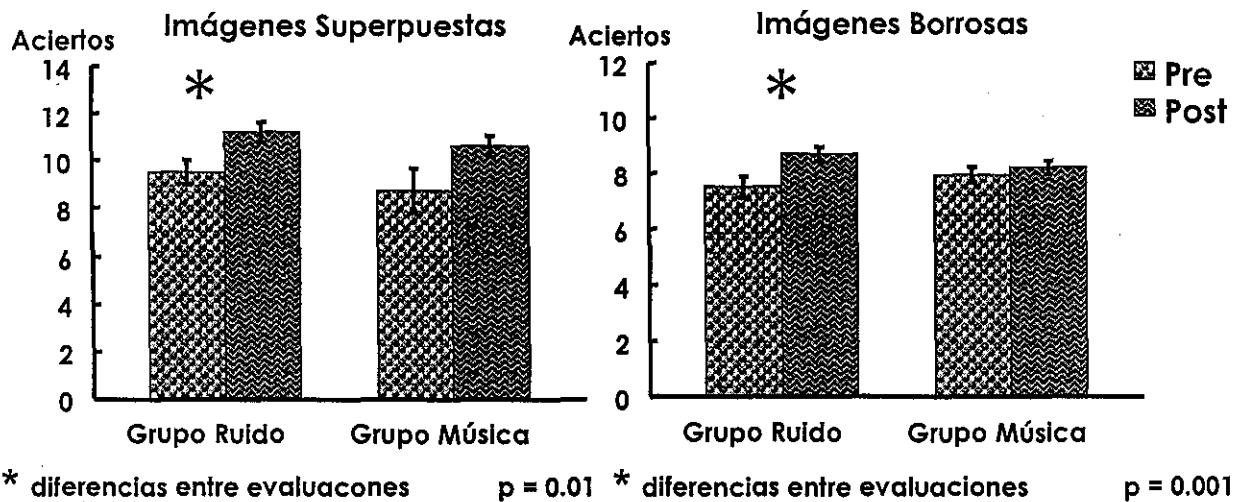
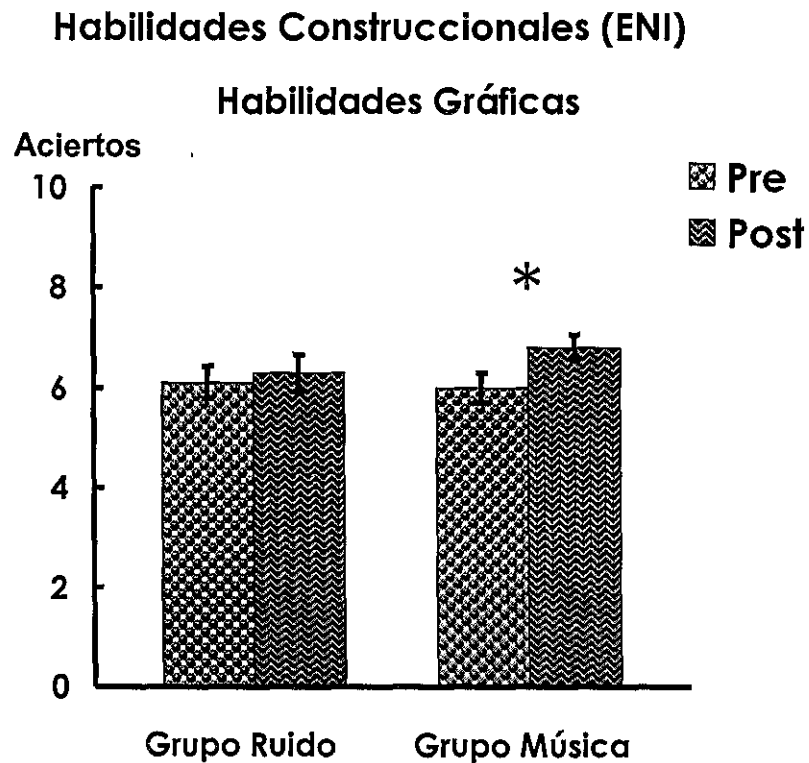


Fig.16. Media y error estándar del número de respuestas correctas en las subpruebas que integran la prueba sensorial perceptual de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), en los grupos Ruido y Música en las evaluaciones pre y post entrenamiento. El grupo de ruido muestra un incremento significativo del número de respuestas correctas en la evaluación post en todas las subpruebas.



* diferencias entre evaluaciones $p = 0.02$

Fig. 17. Media y error estándar del número de respuestas correctas en la subprueba habilidades gráficas, que integra la prueba habilidades construccionales de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), en los grupos Ruido y Música en las evaluaciones pre y post entrenamiento. El grupo de música muestra un incremento significativo del número de respuestas correctas en la evaluación post.

Tarea de Identificación de Patrones

En relación a la tarea de identificación de patrones, todas las medidas conductuales, mostraron diferencias entre grupos: El GM presentó significativamente más aciertos y menos errores que el grupo de ruido en la evaluación post ($t_{(15)}=-2.91, p= 0.01$, $t_{(15)}=3.65, p= 0.002$). Por su parte, el GR presenta un menor tiempo de respuesta en comparación con el GM ($t_{(15)}=-2.63, p= 0.01$).

Aunque el GR presenta una disminución significativa del TR en la evaluación post ($t_{(7)}=3.03, p= 0.008$), el GM presenta una mejor ejecución ya que, tiene un mayor número de aciertos y menor número de errores. ($t_{(7)}=-2.06, p= 0.05$ y, $t_{(7)}=2.17, p= 0.04$, respectivamente) ver figuras 18,19 y 20.

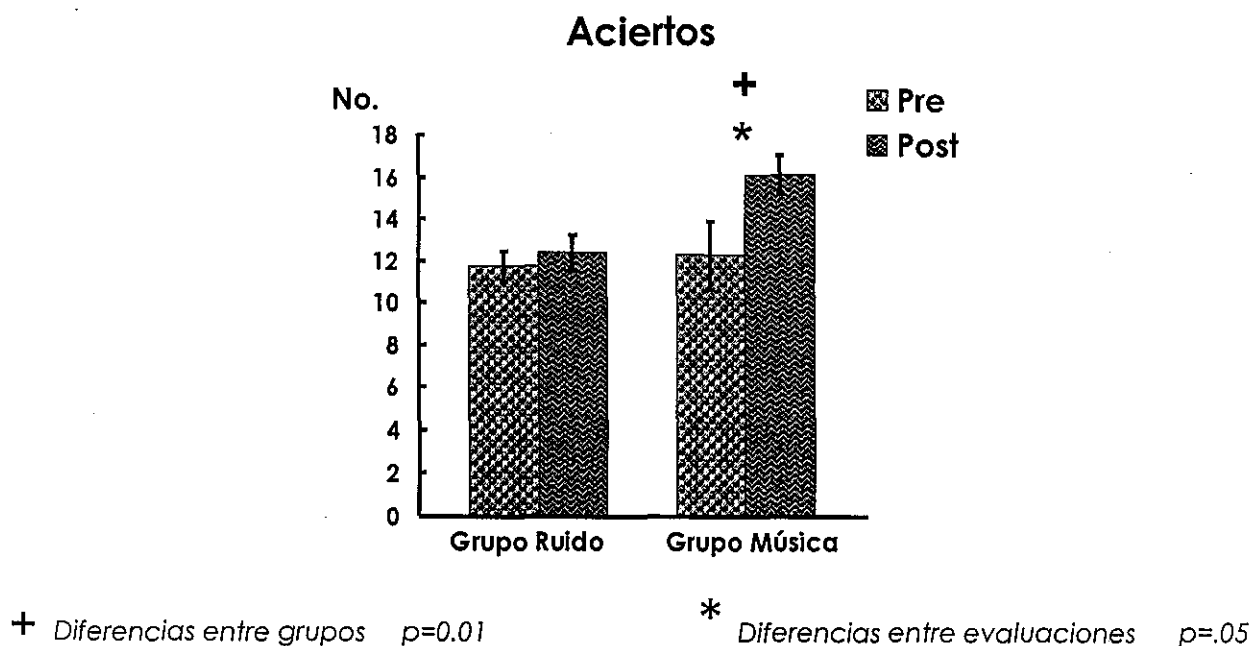
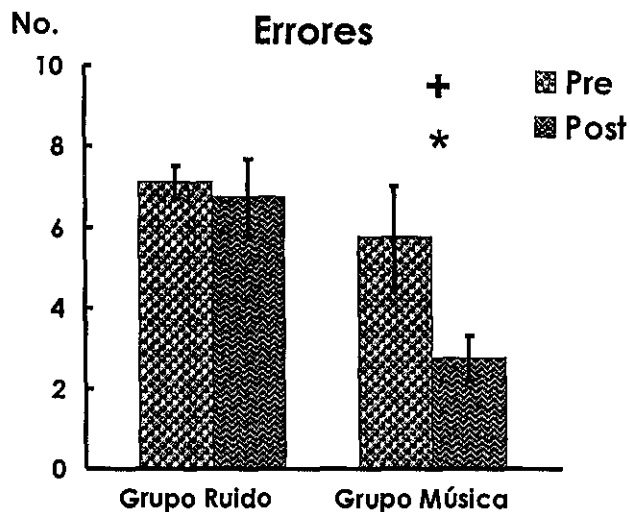


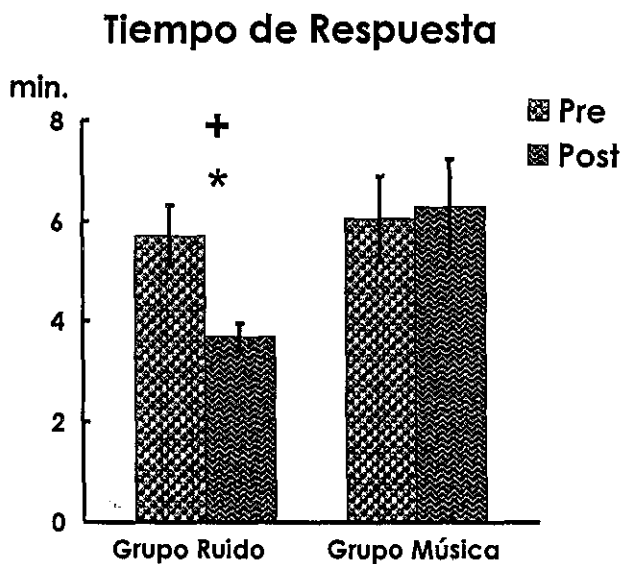
Fig. 18. Media y error estándar del número de aciertos en la tarea viso-espacial, en los grupos ruido y música en las evaluaciones pre y post entrenamiento. El grupo de música presenta significativamente, un mayor número de aciertos en la evaluación post.



+ Diferencias entre grupos $p=0.002$

* Diferencias entre evaluaciones $p=0.04$

Fig. 19. Media y error estándar del número de errores en la tarea viso-espacial, en los grupos ruido y música en las evaluaciones pre y post entrenamiento. El grupo de música presenta significativamente, un menor número de errores en la evaluación post.



+ Diferencias entre grupos $p=0.01$

* Diferencias entre evaluaciones $p=0.008$

Fig. 20. Media y errores estándar del tiempo de respuesta de los aciertos (en minutos) en la tarea viso-espacial, en los grupos ruido y música en las evaluaciones pre y post entrenamiento. El grupo de ruido presenta significativamente, un menor tiempo en la evaluación post.

EEG

A continuación se describen los resultados encontrados en el análisis realizado con la diferencia TV – LB, a fin de ver los cambios en la actividad eléctrica en la sesión post entrenamiento vs la sesión pre entrenamiento eliminando los posibles efectos del paso del tiempo o maduración.

A. Potencia Absoluta

En la PA se encontraron diferencias significativas en las bandas de theta 2 y Beta 2.

Theta 2

En el caso de θ_2 hubo una interacción grupos por derivaciones, ($F_{(7,98)} = 2.50, p = 0.02$). Como puede verse en la Fig. 21(a) la diferencia TA-LB es mayor en el grupo de música que en el grupo de ruido en áreas occipitales O1 ($p = 0.01$) y O2 ($p = 0.05$). La Fig. 21(b), ilustra como esta diferencias está dada por el incremento de la PA de θ_2 en el grupo de música al realizar la tarea en zonas occipitales.

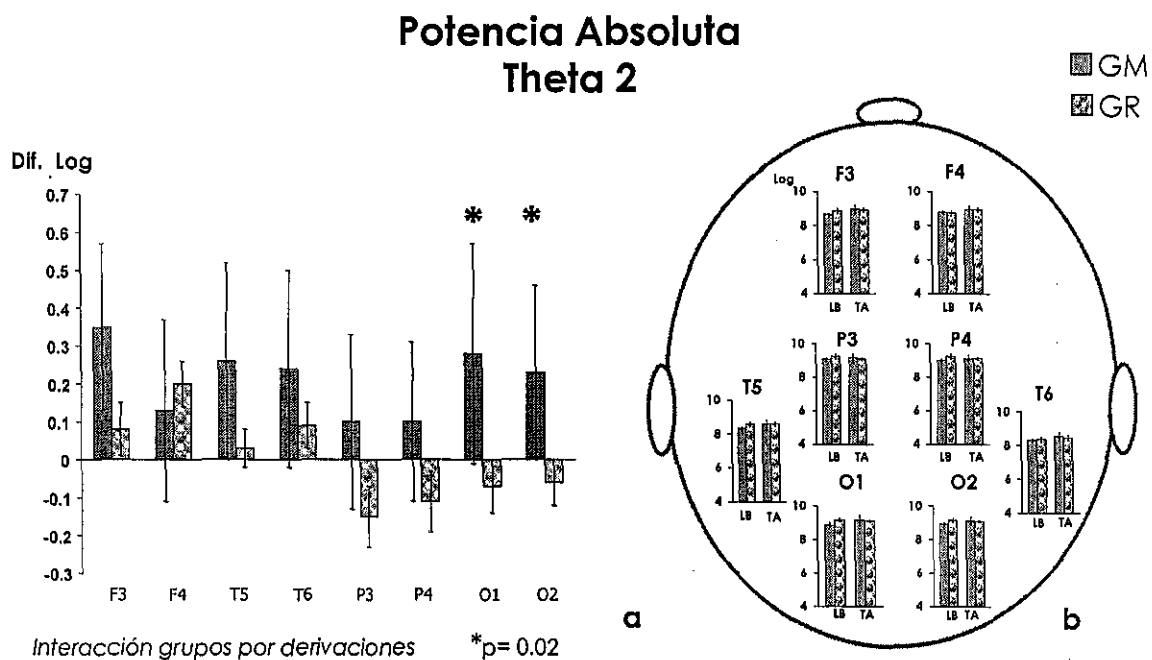


Fig. 21. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la potencia absoluta de theta 2 en los grupos Música y Ruido. (b) Media y error estándar de la potencia absoluta de theta 2 en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en los grupos Ruido y Música

Beta 2

En β_2 se encontró una interacción BxC (sesiones por derivaciones), ($F_{(7,98)}=2.05, p=0.05$). En la Fig. 22(a) se muestra como hay mayor diferencia TA-LB en la sesión pre. Tukey mostró que la diferencia TA-LB fue significativa en áreas temporales, parietales y occipitales derechas, así como en áreas frontales ($p=0.01$). La PA de β_2 se incrementa al realizar la tarea en la sesión pre en T6, P4 y O2. Por su parte, en áreas frontales se disminuye al realizar la tarea en la sesión post (Fig. 22b).

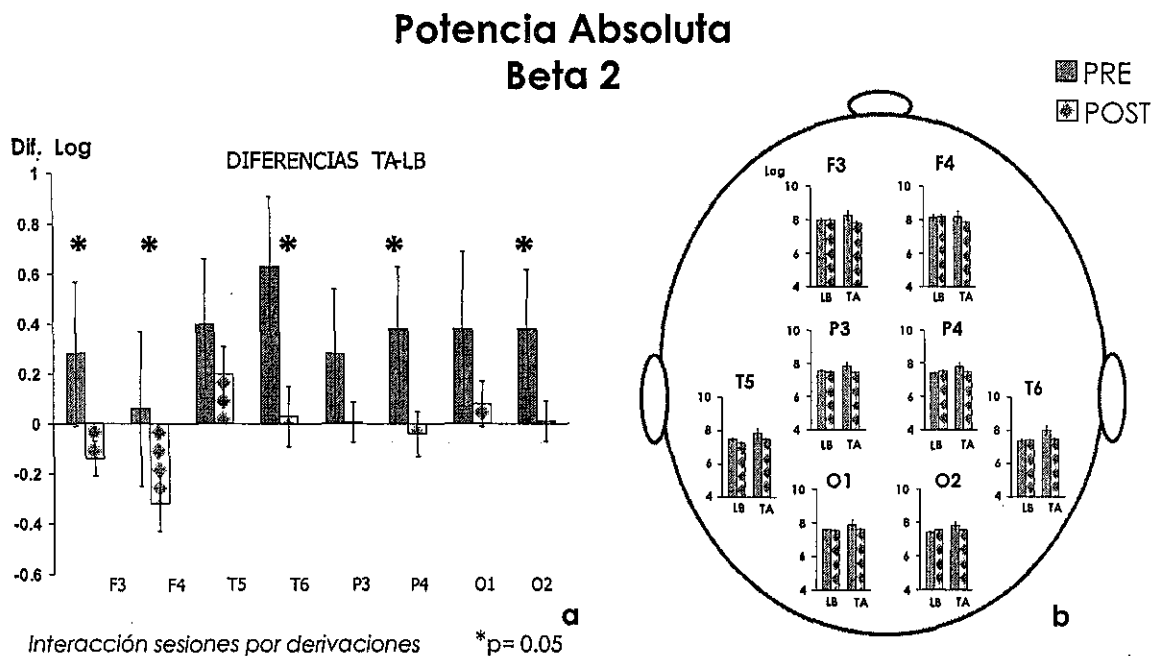


Fig. 22. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la potencia absoluta de beta 2 en las sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la potencia absoluta de beta 2 en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en los grupos Ruido y Música.

B. Potencia Relativa

La PR mostró diferencias significativas entre sesiones en las bandas δ y β_1 además, una interacción sesiones por derivaciones en β_2 .

Delta

Como puede observarse en la Fig. 23 (a), la diferencia TA-LB es significativamente mayor en la sesión post ($F_{(1,14)}=5.94, p=0.02$). La Fig. 23 (b) muestra como la PR de δ se incrementa en la sesión post al realizar la tarea.

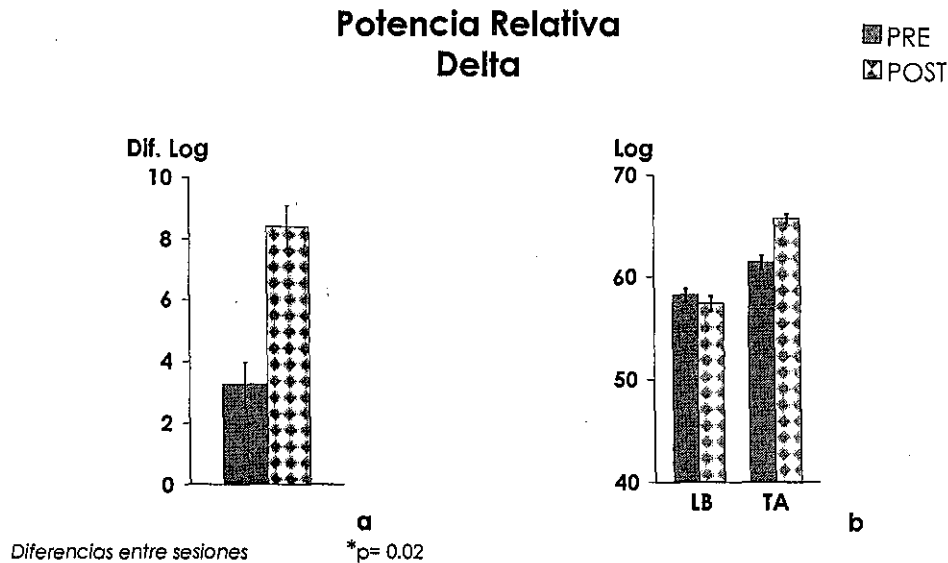


Fig.. 23. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la potencia relativa de delta en los sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la potencia relativa de delta en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en las sesiones pre-post entrenamiento.

Beta 1

De manera similar a lo observado en la banda δ la diferencia TA-LB es significativamente mayor en la sesión post ($F_{(1,14)} = 19.62, p = <.0008$). Sin embargo de forma contraria, la PR de β_1 , muestra una disminución en la sesión post al realizar la tarea. (Fig. 24 a y b)

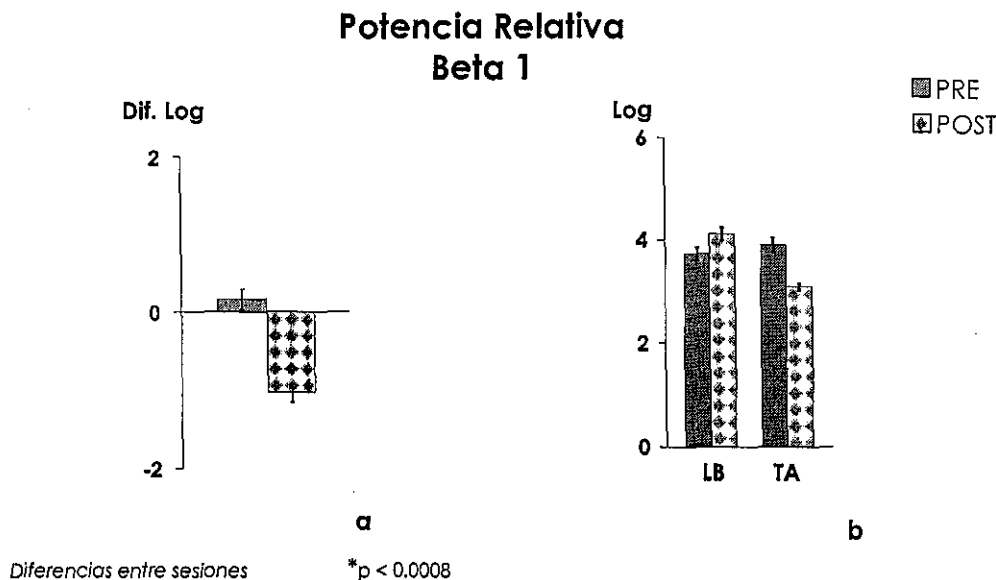


Fig.. 24. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la potencia relativa de beta 1 en los sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la potencia relativa de beta 1 en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en las sesiones pre-post entrenamiento.

Beta 2

En $\beta 2$ se obtuvo una interacción BxC (condiciones por derivaciones), ($F_{(7,98)} = 2.26$, $p = .03$). Por medio de la prueba de Tukey se vio que la diferencia TA-LB fue significativa en T6 ($p = 0.01$) (Fig. 25 a). La potencia relativa de $\beta 2$ se incrementa en la sesión pre al realizar la tarea en t6 (Fig. 25 b).

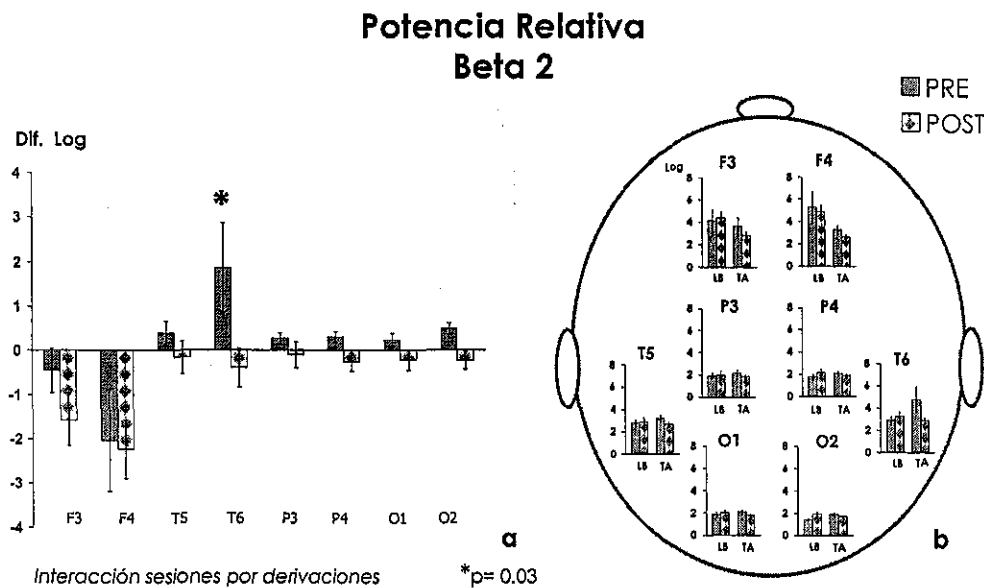


Fig.. 25. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la potencia relativa de beta 2 en los sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la potencia relativa de beta 2 en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en las sesiones pre-post entrenamiento.

C. Correlación Interhemisférica

En los andevas realizados para este parámetro se encontraron diferencias en las bandas δ , $\theta 2$, $\beta 1$ y $\beta 2$.

Delta

En δ se encontró una interacción grupos por sesiones. ($F_{(1,14)} = 4.83$, $p = 0.04$). La prueba de Tukey demostró que la diferencia TA-LB fue mayor en el grupo de música en la sesión pre entrenamiento en comparación con el grupo de ruido ($p = .01$) (Fig. 26a). La correlación interhemisférica de δ baja en el grupo de música, al realizar la tarea en la sesión pre entrenamiento en comparación con el grupo de ruido. Ver Fig. 26 b.

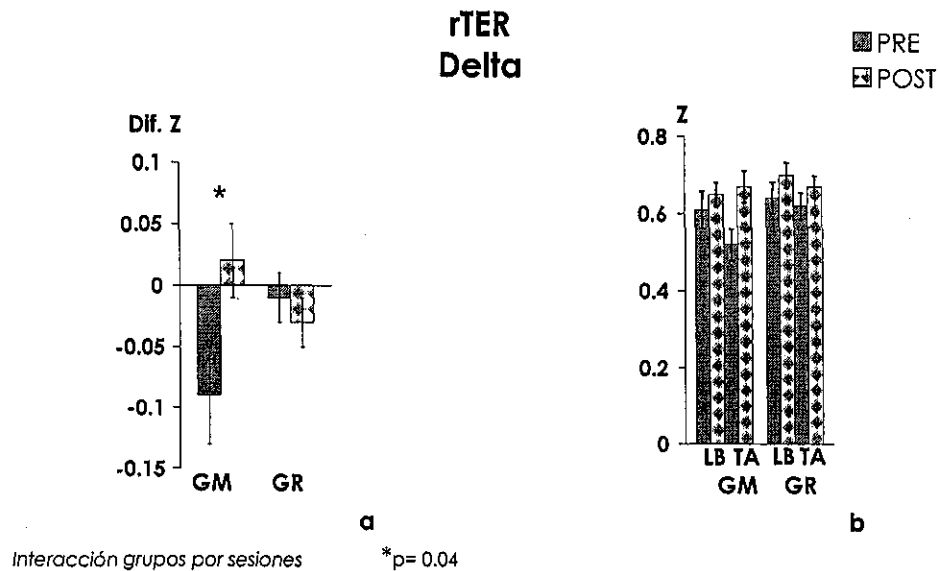


Fig. 26. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la correlación interhemisférica de de delta en sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la correlación interhemisférica de delta en las sesiones pre-post entrenamiento de los grupos Música (GM) y Ruido (GR).

Alfa 2

En $\alpha 2$ hubo diferencias significativas entre sesiones. En la Fig. 27a, se puede observar que la diferencia TA-LB fue significativamente mayor en la sesión pre vs la post ($F_{(1,14)} = 10.73$, $p = .005$). La rTER de $\alpha 2$ se disminuye al realizar la tarea en la sesión pre (Fig. 27 b).

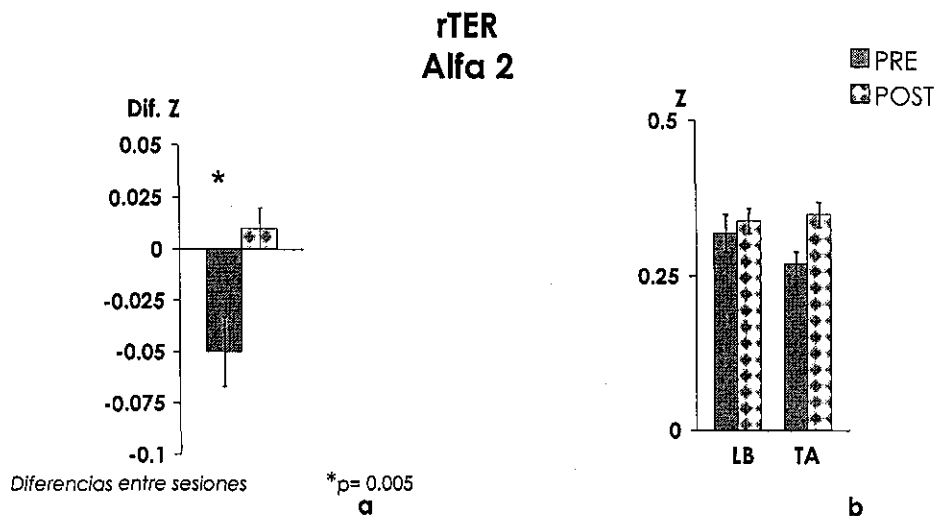


Fig. 27. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la correlación interhemisférica de alfa 2 en los sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la correlación interhemisférica de alfa 2 en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en las sesiones pre-post entrenamiento.

Beta 1 y Beta 2

Al igual que en $\alpha 2$ hubo diferencias significativas entre sesiones, ($F_{(1,14)} = 4.11, p = 0.05$) para $\beta 1$ y ($F_{(1,14)} = 10.73, p = 0.005$) para $\beta 2$. En ambas bandas, la diferencia TA-LB fue significativamente mayor en la sesión post. (Figuras. 28 y 29 a). En estas mismas figuras en la parte b, se muestra como la r_{TER} fue mayor en la sesión post al realizar la tarea en relación a la LB.

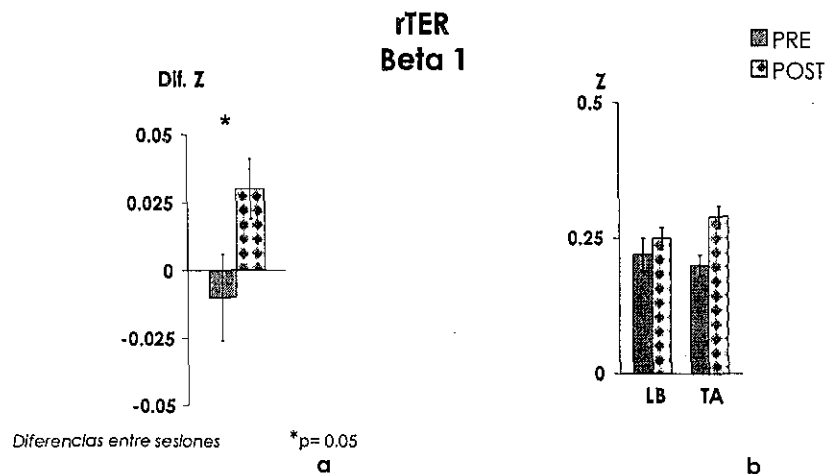


Fig. 28. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la correlación interhemisférica de beta 1 en los sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la correlación interhemisférica de beta 1 en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en las sesiones pre-post entrenamiento.

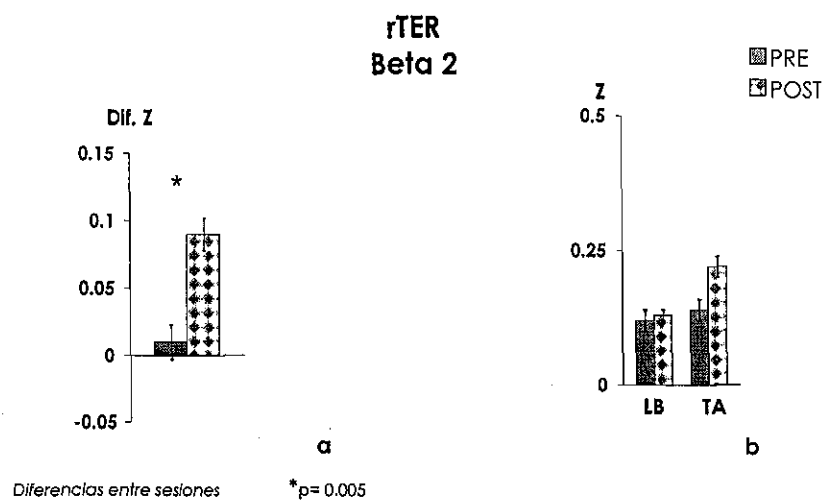


Fig. 29. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la correlación interhemisférica de beta 2 en los sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la correlación interhemisférica de beta 2 en las condiciones línea base (LB) y tarea (TV) en las sesiones pre-post entrenamiento.

D. Correlación Intrahemisférica

Al igual que en el análisis anterior se realizaron *andevas* por separado para áreas frontales y temporo-parietales.

Los análisis realizados para las áreas frontales mostraron diferencias significativas únicamente en las bandas de δ y $\theta 2$.

Delta y Theta 2

En ambas bandas se encontraron diferencias significativas entre sesiones.

Las figuras 30 y 31 a, ilustran como, tanto en δ como en $\theta 2$ la diferencia TA-LB fue significativamente mayor en la sesión post ($F(1,14)= 10.75, p= 0.005$) y ($F(1,14)= 4.71, p= 0.04$) respectivamente. Estas diferencias se deben a que los valores de rTRA fueron menores en la condición de reposo de la sesión post entrenamiento. Esto en comparación con la sesión pre. Ver figuras 30 y 31 b.

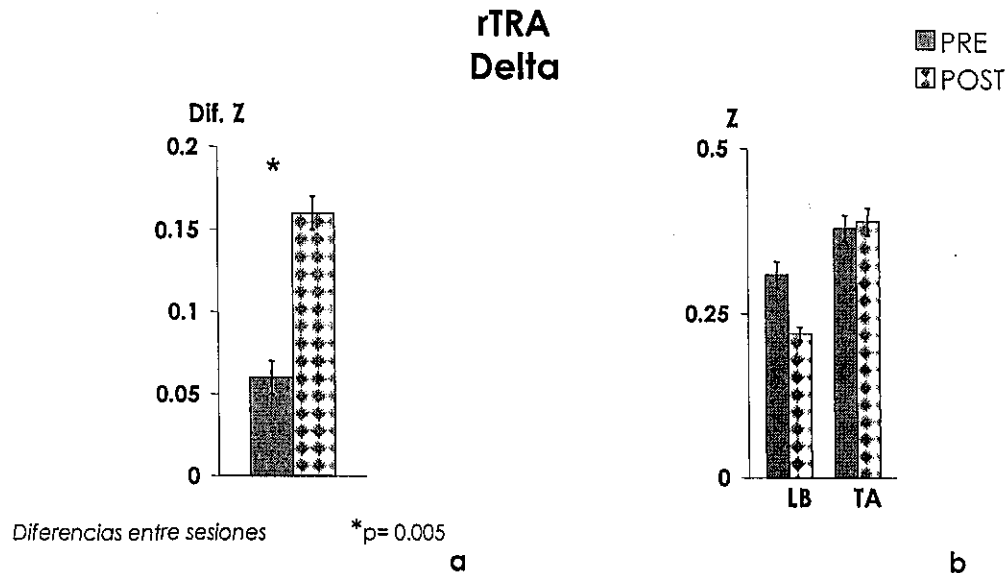


Fig 30. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la correlación entre (F3-T5, F3-P3, F3-O1, F4-T6, F4-P4, F4-O2) de delta en las sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la correlación intrahemisférica entre (F3-T5, F3-P3, F3-O1, F4-T6, F4-P4, F4-O2) en delta en las condiciones línea base (LB) y Tarea (TV) en las sesiones pre-post entrenamiento.

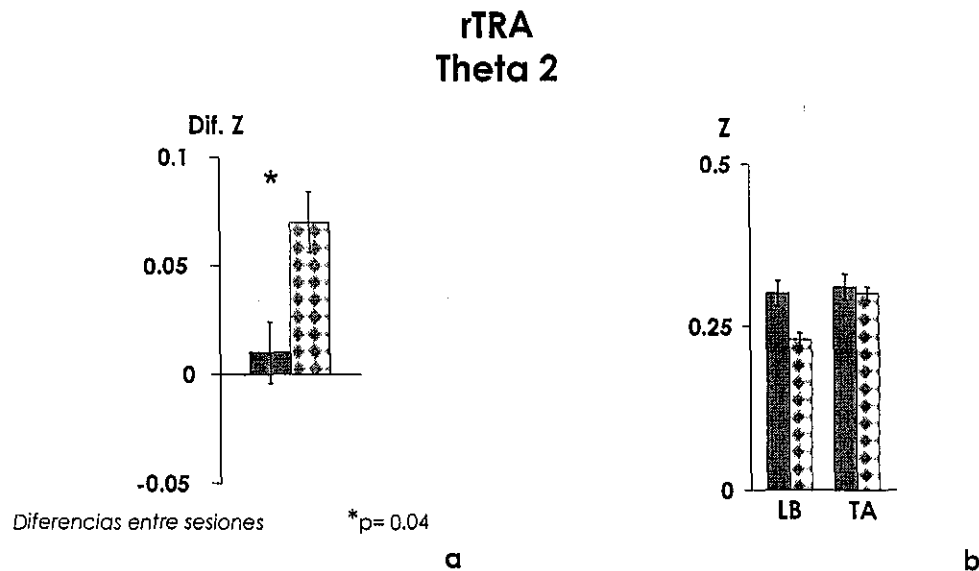


Fig 31. (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la correlación entre (F3-T5, F3-P3, F3-O1, F4-T6, F4-P4, F4-O2) de theta 2 en las sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la correlación intrahemisférica entre (F3-T5, F3-P3, F3-O1, F4-T6, F4-P4, F4-O2) en theta 2 en las condiciones línea base (LB) y Tarea (TV) en las sesiones pre-post entrenamiento.

Con respecto a áreas temporo-parietales únicamente la banda *Delta* mostró diferencias significativas entre grupos. Como puede observarse en la Fig. 32 a, el grupo de ruido presenta significativamente mayor diferencia TA-LB ($F_{(1,14)} = 7.86$, $p = 0.01$). En la Fig 32 b, se muestra como en el grupo de ruido se incrementa la correlación intrahemisférica de δ en áreas temporo-parietales en la sesión post al realizar la tarea, esto en comparación con el grupo de música.

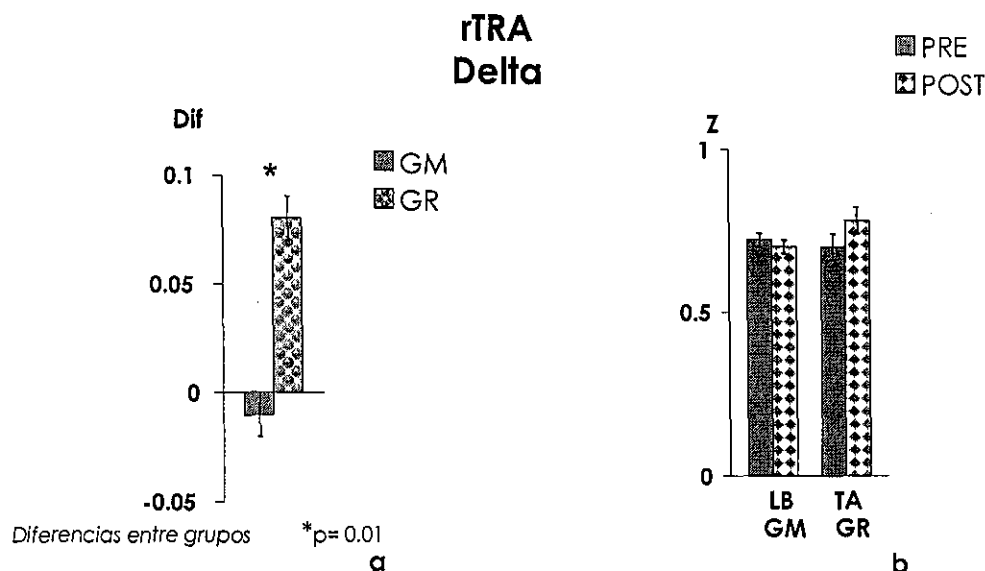


Fig. 32 (a) Media y error estándar de la diferencia TV-LB de la correlación entre (T5-P3, T5-O1, T6-P4, T6-O2, P3-O1, P4-O2) de delta para los grupos de Música (GM) y Ruido (GR), en sesiones pre y post entrenamiento. (b) Media y error estándar de la correlación intrahemisférica entre (T5-P3, T5-O1, T6-P4, T6-O2, P3-O1, P4-O2) en delta para los grupos de Música (GM) y Ruido (GR), en las condiciones línea base (LB) y Tarea (TV) en las sesiones pre-post entrenamiento.

8.3 Resumen de Resultados

Evaluación Pre- Entrenamiento

En el EEG se observó mayor PA de theta 1, theta2, alfa 2, beta 1 y beta 2, y menor PA de alfa 1. También se observó mayor PR de δ en P4 y de $\beta 2$ en T6, así como una disminución de $\alpha 1$ en T5, P4, O1 y O2. Todo esto al realizar la tarea en comparación con la condición de reposo.

La rTER de δ y $\alpha 2$ disminuyó al realizar la tarea, a diferencia de la rTRA de δ y $\theta 1$ entre áreas frontales, temporales y posteriores, en las cuales se incrementó.

Cambios Pre-Post Entrenamiento

Evaluación de habilidades viso-espaciales (ENI): Ambos grupos tuvieron mayores puntajes en la subprueba sensorial perceptual visual en la sesión el post. Así mismo el GM obtuvo un mayor puntaje en la subprueba de habilidades construccionales y el GR en la de matrices.

Tarea de identificación de patrones: En la sesión post entrenamiento, el grupo de música mostró significativamente más aciertos y menos errores que el grupo de ruido. Por su parte, este último, presenta menor tiempo de respuesta

EEG:

Diferencias entre grupos: En comparación con el grupo de ruido, el grupo de música mostró mayor PA de $\theta 2$ al realizar la tarea en zonas occipitales, así como una disminución de la rTER de δ al realizar la tarea en la sesión pre entrenamiento. Por su parte, en el grupo de ruido se incrementa la correlación intrahemisférica de δ entre áreas temporales y posteriores en la sesión post al realizar la tarea.

Diferencias entre sesiones: La diferencia TA-LB es significativamente mayor en la sesión post tanto en δ como en $\beta 1$ La PR de δ se incrementa en la sesión post al realizar la tarea, contrariamente la PR de $\beta 1$, muestra una disminución. En $\beta 2$ la diferencia TA-LB fue significativa en T6, en donde se observa una mayor PR en la sesión pre al realizar la tarea.

En la rTER la diferencia TA-LB fue significativamente mayor en la sesión pre vs la post en $\alpha 2$, esta diferencia esta dada por la disminución de la rTER de $\alpha 2$ al realizar la tarea en la sesión pre. De manera contraria $\beta 1$ y $\beta 2$, mostraron mayor diferencia en la sesión post, ya que la rTER de dichas bandas se incrementa al realizar la tarea en relación a la sesión pre.

Finalmente, en la rTRA entre áreas frontales y áreas temporales y posteriores en δ y $\theta 2$, la diferencia TV-LB fue significativamente mayor en la sesión post entrenamiento. En comparación con la sesión pre, la condición de reposo de la sesión post mostró valores de rTRA menores.

9. DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar si la música tiene un papel facilitador en el aprendizaje de habilidades visoespaciales a largo plazo, y de ser el caso, si esta facilitación puede reflejarse en la actividad eléctrica cerebral. Como se había planteado en las hipótesis, efectivamente la música tuvo un efecto facilitador a largo plazo sobre actividades visoespaciales que implican discriminación perceptual, memoria visual, coordinación visomotora, imaginación y rotación mental, así como identificación de imágenes. Sin embargo, contrario lo que se esperaba, el ruido también facilitó algunas tareas visoespaciales, específicamente aquellas relacionadas con la organización perceptual, la identificación visual de objetos y/o formas, la habilidad de formar comparaciones e identificar características esenciales, la seriación, la capacidad de razonar mediante analogías, y organizar percepciones espaciales visuales dentro de un todo.

Se confirmó la hipótesis en cuanto a diferencias en la actividad eléctrica cerebral entre grupos pre-post entrenamiento.

A continuación se discuten detalladamente estos hallazgos.

Diferencias entre grupos (Música-Ruido)

Ejecución Conductual

Tanto la música como el ruido ejercieron un efecto facilitador sobre la ejecución de tareas visoespaciales. El grupo que escuchó música previamente al entrenamiento (GM), mejoró sus puntuaciones en tareas que implican coordinación visomotora, coordinación motriz fina, coordinación de manos y ojos, imaginación y rotación mental. Por su parte, el ruido tuvo un efecto positivo sobre las tareas que involucran capacidad de razonamiento, la identificación visual de objetos y/o formas, la habilidad de formar comparaciones e identificar características esenciales, la seriación, la capacidad de razonar mediante analogías, y organizar percepciones espaciales visuales dentro de un todo y sus partes (Sattler, 2003). Consideramos que estas diferencias podrían deberse, a que son tareas que implican diferentes demandas como puede ser el componente ejecutivo o motor.

El estudio del procesamiento espacial y el cerebro puede ser más complejo por el hecho de que el hemisferio derecho parece estar menos especializado para el procesamiento espacial que el hemisferio izquierdo lo está para el procesamiento del lenguaje (Rains, 2004). Se puede establecer de manera general que, mientras que las lesiones en el hemisferio derecho por lo

general tienen un impacto relativamente pobre en el lenguaje, las lesiones en el lóbulo parietal izquierdo pueden tener un impacto significativo sobre las tareas espaciales (Mehta et al., 1987). Una interpretación de estos resultados es que el hemisferio izquierdo es más un especialista del lenguaje que el hemisferio derecho lo es de lo espacial. Cuando uno se mueve desde las tareas relativamente simples hacia las tareas espaciales más complejas, se encuentra que ya no se nota la especialización del hemisferio derecho sino que ambos hemisferios participan en conjunto en la resolución eficiente de la tarea. En particular se ha propuesto que el hemisferio derecho regula los aspectos preceptuales de la tarea, mientras que el hemisferio izquierdo media los componentes de la tarea que son más explícitamente de naturaleza ejecutiva (McCarthy y Warrnton, 1990). Los hallazgos de (Costa y Vaughan, 1962 y Dee, 1970; en Rain, 2004) relacionados con el deterioro en las tareas de construcción que sigue a las lesiones en el lóbulo parietal izquierdo, apoyan la noción de que el hemisferio derecho está especializado para la percepción espacial y que el hemisferio izquierdo contribuye a la praxis (de acción) de las tareas espaciales.

Es así que, ambos hemisferios están involucrados en los diferentes aspectos visoespaciales. De igual manera el cerebro está diferencialmente especializado para el procesamiento musical. Estudios en adultos han sugerido que el hemisferio derecho está especializado en la percepción de los elementos espaciales de la música como son la armonía y el tono que dan sentido a la melodía (Zatorre, 2001) y el izquierdo percibe aspectos del tiempo relacionado con el ritmo (Samson et al., 2001). Overy et al. (2004) realizan un estudio en niños y encuentran también esta especialización diferencial para el procesamiento de la melodía y el ritmo, pero menos extendida o marcada que en los adultos. Por lo que sugieren que la especialización hemisférica para el procesamiento musical se va desarrollando con la edad.

Parece entonces que la música permite el acoplamiento de ambos hemisferios dando la posibilidad de coordinar la percepción de tiempo y espacio.

La percepción del tiempo y el espacio son aspectos altamente involucrados con las habilidades espaciales, creemos que, al facilitar por medio de la música dichos aspectos por ende se facilita también el procesamiento de las habilidades espaciales.

Esta ampliamente descrito en la literatura que escuchar música específicamente de Mozart durante 10 minutos, en comparación con silencio o música relajante, mejora temporalmente los puntajes en pruebas de razonamiento espacial en adultos (Rauscher et al., 1993, 1995; Rideout y Laubach, 1996; Wilson y Brown, 1997; Rideout y Taylor, 1997 y Rideout et al., 1998). Aún cuando la presente investigación fue con niños preescolares de entre 5 y 6 años. y se empleo otra

metodología, se encontraron resultados similares. El grupo de niños que escuchó música de Mozart 10 minutos 3 veces a la semana mejoró sus puntajes en diversas pruebas enfocadas a medir habilidades espaciales (subprueba de habilidades construccionales de la ENI y en la tarea de identificación de patrones).

Por otra parte los resultados del presente trabajo difieren de otras investigaciones en las que no se ha encontrado un efecto de la música sobre las habilidades viso-espaciales (McKelvie y Low, 2002; Bridgett y Cuevas, 2000; McCutcheon, 2000; Steele et al., 1999; Steele et al., 1999; Castens et al., 1995; Kenealy y Monsef, 1994). Las divergencias entre estos resultados pueden deberse a los diversos procedimientos empleados o a las pruebas utilizadas para evaluar las habilidades espaciales.

El como se pueden explicar o interpretar los efectos de la música sobre diversos aspectos cognitivos particularmente sobre las habilidades espaciales puede tomar 3 vertientes: Bases Neurológicas, Bases Psicológicas y un efecto de activación.

Bases Neurológicas

Rausher et al. (1997) señalan que el efecto de la música sobre la inteligencia puede ser explicada en base al modelo de Leng y Shaw (1991) "Modelo del Trion" el cual provee un argumento neurobiológico para la relación entre música y razonamiento viso-espacial. Proponen que el escuchar música compleja excita patrones corticales análogos a los utilizados en el procesamiento espacial. Sin embargo Schellenberg (2001) señala que si se analizan otras investigaciones a pesar de sus bases parece ser una teoría poco plausible. En este sentido las investigaciones de Peretz y sus colegas son particularmente relevantes. Peretz ha mostrado que mucho de la percepción musical es relativamente modular, y sobre todo, que aspectos individuales del procesamiento musical son independientes entre si. Por ejemplo la melodía y el ritmo son procesados de manera independiente y en diferentes partes del cerebro (Peretz y Kolinsky, 1993; Peretz y Morais, 1989), la lírica se procesa independientemente del tono (Besson et al. 1998) y el percibir la emoción musical es independiente de la memoria musical ((Peretz et al., 1999; Peretz et al., 1998)

Bases Psicológicas

Otra interpretación para los efectos positivos de la música ha sido la relacionada con la preferencia personal por ese tipo de música o por el estado de ánimo generado por la música. Nantais y Schellenberg (1999) evaluando el efecto de la preferencia y estado de ánimo producido por escuchar Mozart y una historia de Stephen King, encontraron que el incremento en las habilidades espaciales solo ocurría si los sujetos reportaban disfrutar lo que oían. Un metanálisis

presentado por Chabris (1999) y los resultados de Nantais y Schelleberg (1999) son consistentes con la idea de que la motivación o activación son el origen de los efectos positivos de la música de Mozart en la ejecución de tareas visoespaciales.

En este trabajo no era parte de los objetivos evaluar el estado de ánimo presentado por los niños que escucharon ya sea música o ruido, sin embargo verbalmente los niños que escucharon ruido no manifestaron que les molestara, incluso una niña reportó que le tranquilizaba.

Efecto de Activación

Una interpretación alternativa del Efecto Mozart es la relacionada con el hecho de que el incremento en la ejecución de las tareas o pruebas viso-espaciales posteriores a escuchar Mozart es debido a un incremento en la activación. Chabris (1999) refiere una activación debida a la música. Él especula que el estar en silencio o escuchando instrucciones de relajación es menos activador que escuchar a Mozart. Dado que no hubo cambios en el EEG particularmente en la potencia absoluta o relativa de las bandas α y β entre grupos, no podemos atribuir que los efectos positivos de la música o del ruido encontrados sean debidos a la activación.

Por otro lado, es importante destacar que, particularmente el efecto de la música observado en nuestros resultados se presenta en pruebas que miden habilidades espaciales puras. Otras investigaciones refieren este mismo hecho encontrando un incremento, como por ejemplo: en la subprueba de doblado y cortado de papel de la escala de inteligencia Stanford-Binet (Rideout, Dougherty y Werner, 1998), pero no cuando se evalúan capacidades espaciales más generales o que requieren un procesamiento de naturaleza ejecutiva, como por ejemplo, la escala de matrices progresivas de Raven o la subprueba tablero de formas de papel, revisada de Minnesota (Newman, Rosenbach, Burns, Latimer, Matocha y Vogt, 1995; Casterns, Huskins y Hounshell, 1995).

Por otro lado, ya que tanto la música como el ruido tienen diferente efecto facilitador mejorando distintas tareas o aspectos viso-espaciales, podemos sugerir que las mejoras no podrían ser atribuidas al entrenamiento o a la simple estimulación auditiva, ya que de ser así, ambos grupos hubieran tenido resultados similares.

Otro punto a discutir, es en relación al tiempo de duración del efecto, si es a corto o a largo plazo. Rauscher, Shaw y Ky (1995), sugieren que el efecto Mozart es observado solo si la evaluación espacial sigue a la presentación de la música por 15 minutos o menos. Por su parte, Costa-Gioni (1999), en un estudio longitudinal, encontró que lecciones semanales de piano tenían un efecto significativo en las habilidades viso-espaciales en niños. Durante los dos primeros años

del estudio, las habilidades viso-espaciales de los niños que recibieron lecciones individuales de piano incrementaron significativamente en comparación con los que no las recibieron. Sin embargo, este incremento se pierde después del tercer año, lo cual implica que los efectos no son permanentes. Resultados similares fueron reportados por b (1999) que indican que un entrenamiento musical Orff parece tener un efecto a corto plazo en la ejecución espacial-temporal en niños, los efectos de este tipo de entrenamiento no son duraderos se pierden después de 6 meses sin instrucción musical.

Rauscher et al. (1995) encuentran un incremento en las habilidades espaciales en el grupo que recibió entrenamiento musical y la magnitud de este efecto duró al menos un día, una duración tradicionalmente clasificada como de largo plazo de acuerdo con los estándares de los investigadores de memoria (McGaugh, 1966; Baudry y Massicotte, 1992).

En la presente investigación, para la evaluación post, todos los sujetos fueron evaluados, al menos 3 días después de que concluyeron las sesiones de entrenamiento. Esto indica que el incremento en las habilidades espaciales encontrado fue a largo plazo.

Por otro lado, posterior al entrenamiento, en ambos grupos se incrementaron los aciertos en la subprueba de habilidades sensoriales-perceptuales de la ENI. Esta tarea involucra habilidades de abstracción de figuras y patrones, cierre visual, reconocimiento de expresiones e integración de objetos. De tal manera que podemos sugerir, que el entrenamiento en habilidades espaciales que se les dio a los niños (17 sesiones de 50 min.) tuvo un efecto positivo, facilitando el desarrollo los aspectos involucrados en la subprueba antes mencionados. Sin embargo ya que no se contó con un grupo control, es difícil precisar si los cambios fueron debidos al desarrollo de estrategias de solución de problemas visoespaciales generados por el entrenamiento, o bien al entrenamiento escolar o al proceso de maduración natural.

Cambios en la actividad eléctrica cerebral entre grupos

Como se esperaba, hubo diferencias en la actividad eléctrica cerebral entre grupos pre-post entrenamiento.

El GM presentó significativamente mayor diferencia TV-LB en la rTER de δ en comparación con el GR. El GM mostró mayor rTER de δ al realizar la tarea en la sesión post entrenamiento, en comparación con la sesión pre.

Se ha reportado mayor correlación interhemisférica entre derivaciones homólogas en mujeres que en hombres en reposo (Corsi-Cabrera et al., 1989, 1997), durante la solución de

tareas (Corsi-Cabrera et al., 1993) y durante la escucha de música (Ramos, 1986). Esto está asociado a una menor especialización hemisférica y mayor acoplamiento funcional entre distintas áreas de la corteza (Corsi-Cabrera, 1997). Además, esta mayor correlación entre estructuras cerebrales en mujeres, se correlaciona con un mejor desempeño en distintos tipos de tareas (Gutiérrez y Corsi-Cabrera, 1989; Ramos et al., 1993). En este sentido, el hecho de que el grupo que escuchó música tenga mayor rTER implicaría que la música facilitó un estado funcional cerebral más homogéneo y un mayor grado de acoplamiento temporal entre regiones izquierdas y derechas, lo que a su vez facilitó las habilidades espaciales reflejándose en el mejor desempeño conductual que tuvo dicho grupo al realizar la tarea de identificación de patrones.

Por su parte, el grupo de ruido presentó significativamente mayor diferencia TV-LB en la correlación intrahemisférica entre áreas temporales y posteriores en la banda δ . Esto es, en el grupo de ruido se incrementó la correlación intrahemisférica de δ entre áreas temporales y posteriores en la sesión post al realizar la tarea, esto en comparación con el grupo de música. Como ya se había referido el incremento en los valores de correlación pudieran reflejar una mayor asociación o acoplamiento en la relación de estas áreas durante el procesamiento de información. Esto pudiera sugerir que el ruido facilitó una interacción funcional entre áreas temporales y posteriores durante la ejecución de la tarea viso-espacial. Por otro lado, este hecho pudiera confirmar la participación de regiones, temporales y del precuneo en el lóbulo parietal en el procesamiento visoespacial referida por Mellet et al. (1996).

Cabe destacar que entre grupos, no se encontraron diferencias en la actividad electroencefalográfica, ni en la PA ni en la PR. Estos parámetros reflejan cambios en el nivel de activación de regiones cerebrales, por lo que al parecer no existen diferencias en la activación de regiones corticales entre los niños que escucharon música y los que escucharon ruido blanco.

Efecto del entrenamiento en la actividad eléctrica cerebral

La PR de β_1 muestra una disminución en la sesión post, lo cual pudiera estar relacionado con menor actividad mental. En la rTER la diferencia TV-LB fue significativamente mayor en la sesión pre vs la post en α_2 , esta diferencia está dada por la disminución de la rTER de α_2 al realizar la tarea en la sesión pre. De manera contraria β_1 y β_2 , mostraron mayor diferencia en la sesión post, ya que la rTER de dichas bandas se incrementa al realizar la tarea en relación a la sesión pre.

La supresión de α se ha relacionado con un incremento en el nivel de activación cerebral, asociado a funciones cognitivas y también con la dificultad de la tarea (Klimesch, Schack y Sauseng, 2005; Klimesch et al., 1997, 1996; Mitchel et al., 1982; Rugg y Dickens, 1981). Se espera que, entre más esfuerzo o demanda sea requerida para procesar y atender el estímulo menos actividad alfa. En este sentido, dado que la supresión de alfa no se presentó en la sesión post podemos suponer que posterior al entrenamiento los niños tuvieron un procesamiento cerebral más eficiente requiriendo menos esfuerzo para realizar la tarea y con un mejor desempeño.

En cuanto al incremento de la correlación interhemisférica en beta, como ya se había mencionado antes los valores altos de r_{TER} sugieren mayor acoplamiento en ambos hemisferios y menor especialización cerebral (Cori-Cabrera et al., 1997, 1993; Ramos et al., 1993). Por otro lado, estos resultados se relacionan con el incremento en la coherencia interhemisférica durante la solución de una tarea espacial en mujeres reportado por Flor Henry et al. (1987).

Cambios en la actividad eléctrica cerebral interacción sesiones por derivaciones

La banda de beta 2 mostró mayor potencia tanto absoluta como relativa en la sesión pre al realizar la tarea, asociada con el procesamiento cognitivo (Petsche et al., 1998). Destaca también que este incremento fue en el HD. Algunos autores han encontrado un incremento de β en el hemisferio más involucrado en la tarea cognitiva (Papanicolau et al., 1986; Gutiérrez y Corsi-Cabrera, 1988, Gundel y Wilson, 1992). En este sentido se confirma la participación del HD en la realización de tareas que requieren un procesamiento espacial.

La PA se ha interpretado como un indicador del funcionamiento del SN, tanto a nivel de maduración normal o daño. Mattis et al. (1980), Gasser et al. (1983) y Harmony et al. (1990 a, 1990 b) encontraron una disminución en la PA asociada con mayor edad en niños de ambos sexos entre 4 y 13 años. Como la mayor PA está asociado a menor edad, y menor maduración cerebral, se puede sugerir que en la sesión pre aunque fue solo 3 meses antes los niños muestran menor maduración, lo que genera un peor desempeño que fue lo encontrado.

Además de lo planteado en los objetivos, el presente estudio brindó otros resultados interesantes, que tienen que ver con los cambios generados en la actividad eléctrica cerebral ante una tarea visoespecial, para lo cual se analizó la actividad eléctrica cerebral en la sesión pre entrenamiento, lo cual permitió confirmar también que no hubo diferencias entre los grupos de inicio.

Como se esperaba la actividad eléctrica cerebral (EEG), registrada en la sesión pre-entrenamiento, no mostró diferencias significativas entre grupos pero sí entre la línea base y la realización de la tarea.

Se observó un incremento de la PA de theta 1, theta 2, alfa 2, beta 1 y beta 2, así como una disminución en la PA de alfa 1 durante la realización de la tarea espacial (TV) en comparación con la condición de reposo (LB)

Los resultados obtenidos en la PA de theta 1 y alfa 1 coincide con lo reportado en diversas investigaciones acerca del incremento en theta y disminución de alfa asociados a la realización de tareas con cierto esfuerzo mental (McLeod y Peacock, 1977; Trotman y Hammond, 1979; Galin et al., 1982; Osaka, 1984; Davidson et al., 1990; Roberts y Bell, 2000; Klimesch et al., 1997; Kahana et al., 1999; Kahana et al., 2001). Así mismo, esta disminución de la actividad α , durante el procesamiento de la información ha sido reportada ampliamente en la literatura referida como supresión de alfa y se relaciona con un incremento en el nivel de activación cerebral, asociado con funciones cognitivas. (Klimesch et al., 2005; Klimesch et al., 1997, 1996; Mitchel et al., 1982; Rugg y Dickens, 1981). Se espera que, entre más esfuerzo o demanda sea requerida para procesar y atender el estímulo menos actividad alfa será encontrada (Aftanas y Golocheikine, 2001; Jausovec y Jausovec, 2000; Klimesch et al., 1997) que fue justamente lo observado en los resultados.

La PR de δ y β_2 se incrementó al realizar la tarea en zonas parietales y temporales del hemisferio derecho, mientras que en α_1 disminuyó en P4 y O1, O2. Otros estudios en los que se ha estudiado la actividad eléctrica durante la solución de tareas en adultos, han encontrado resultados similares (Kubota et al., 2001; Inanaga, 1998; Aftanas y Golocheikine, 2001). El incremento de δ que ocurre durante la realización de tareas se ha tomado como un signo de concentración o atención al proceso interno en el que se hace necesaria una inhibición de los estímulos irrelevantes para la ejecución de las mismas (Kubota et al., 2001; Inanaga, 1998; Aftanas y Golocheikine, 2001). Por su parte, Gutiérrez y Corsi-Cabrera (1988) sugieren que el incremento paralelo en theta y beta sugiere una forma particular de activación integrada por theta y beta altas y alfa baja.

Cabe hacer notar que, los cambios anteriormente descritos se observaron principalmente en el hemisferio derecho particularmente en P4 y T6, así como en áreas occipitales. Esto pudiera estar relacionado con el tipo de tarea que realizaron los sujetos, la cual implicaba, la

identificación de patrones y la rotación mental, aspectos claramente visoespaciales. Y dichas áreas participan de manera importante en el procesamiento visoespacial (Rigau-Ratera et al., 2004; Corballis, 2003; Papanicolaou et al., 1987; Springer y Deutsch, 1985). El incremento de delta así como la supresión de alfa observado en el área parietal derecha durante la tarea visoespacial, indica mayor activación en dicha área, lo cual coincide con los resultados de otras investigaciones en adultos que igualmente encontraron mayor activación en el lóbulo parietal derecho durante la realización de tareas espaciales particularmente de rotación mental (Davison et al., 1990 y Papanicolaou, 1987). El hecho de que se haya encontrado este patrón en niños, confirma la participación o involucramiento del lóbulo parietal derecho en el procesamiento visoespacial desde edades más tempranas y durante el resto del desarrollo.

Respecto a los resultados de la correlación Interhemisférica, se observa un decremento significativo en δ y α_2 , al realizar la tarea en relación a la LB. Dicho decremento puede estar reflejando una mayor especialización funcional de uno de los hemisferios cerebrales en la realización de la tarea. Shaw et al. (1977) observaron igualmente, una disminución de la correlación Interhemisférica en la banda α , durante la solución de una tarea aritmética y una espacial en relación al reposo. Ellos consideran que las áreas corticales en reposo tienen un mayor grado de sincronía del EEG y que el área involucrada en el procesamiento de la información se desincroniza, por lo cual, se reduce la correlación interhemisférica.

En cuanto a la correlación intrahemisférica entre áreas frontales y áreas temporales y posteriores, se observó que tiende a aumentar durante la realización de la tarea en relación a la LB, en δ y θ_1 , lo cual pudiera reflejar una mayor asociación en la relación de estas áreas durante la actividad cognitiva.

Delta se relaciona con tomar decisiones y con la detección del estímulo (Basar et al. 1999), de tal manera que el incremento de la rTRA y la PR en delta en conjunto con la disminución de la rTER al realizar la tarea, pudiera reflejar el procesamiento realizado por los niños de estar atento a la selección del estímulo y decidir la respuesta correcta.

10. CONCLUSIONES

La actividad eléctrica cerebral (EEG), registrada en la sesión pre-entrenamiento, no mostró diferencias significativas entre grupos pero sí entre la línea base y la realización de una tarea visoespacial, presentando un incremento en el nivel de activación cerebral, asociado con funciones cognitivas y con la realización de tareas con cierto esfuerzo mental (incremento de la PA de theta 1 y theta 2, así como disminución en alfa 1)

Así mismo se encontró mayor activación en el hemisferio derecho particularmente en áreas parietales y temporales derechas durante la realización de la tarea de identificación de patrones, lo cual apoya la idea de la participación de dichas áreas en el procesamiento visoespacial (Rigau-Ratera, Garcia Novel y Artigas-Pallares, 2004; Corballis, 2003; Papanicolaou et al., 1987; Springer y Deutsch, 1985). Al realizar la tarea se encontró también un incremento de la rTRA y la PR, así como una disminución de la rTER en delta, lo cual en conjunto, pudiera reflejar el procesamiento realizado por los niños al estar atentos a la selección del estímulo y decidir la respuesta correcta.

En lo referente al cuestionamiento del papel facilitador de la música en el aprendizaje de tareas visoespaciales y su efecto en el EEG y el nivel de ejecución, en la presente investigación se encontró que efectivamente la música facilitó el aprendizaje de tareas visoespaciales lo cual se vio reflejado en una mejor ejecución y en la actividad eléctrica cerebral.

Particularmente, en relación a la hipótesis de que los niños que escuchen música 10 minutos previos a un entrenamiento en habilidades visoespaciales, en comparación con los niños que escuchen ruido, tendrán un mejor desempeño en tareas viso-espaciales después del entrenamiento, de acuerdo a los resultados se puede concluir que, la música y el ruido tuvieron un efecto diferencial según el tipo de razonamiento espacial. La música tuvo un efecto positivo a largo plazo sobre actividades viso-constructivas que implican discriminación perceptual, memoria visual, coordinación visomotora, imaginación y rotación mental así como identificación de imágenes, en las que el hemisferio derecho está más involucrado (Ostrosky y Ardila, 1986). Por su parte, el ruido tuvo un efecto positivo mejorando la organización perceptual, la identificación visual de objetos y/o formas, la habilidad de formar comparaciones e identificar características esenciales, la seriación, la capacidad de razonar mediante analogías, y organizar percepciones espaciales visuales dentro de un todo. Procesos que requieren un procesamiento más analítico y que involucran al hemisferio izquierdo (Campbell, 1992, Springer y Deutsch, 1985).

Tanto la música como el ruido blanco, tuvieron diferente efecto, facilitando distintas tareas o aspectos viso-espaciales, en este sentido, podemos concluir, que esta facilitación no podría ser atribuida al entrenamiento o a la simple estimulación auditiva, ya que de ser así, ambos grupos hubieran tenido resultados similares. En este punto cabe destacar que dicha facilitación en las habilidades espaciales encontrada fue a largo plazo.

Hubo diferencias en la actividad eléctrica cerebral entre grupos pre-post entrenamiento. En comparación con el grupo de ruido, el grupo de música mostró una disminución de la rTER de δ al realizar la tarea en la sesión pre entrenamiento. Por su parte, en el grupo de ruido se incrementa la correlación intrahemisférica de δ entre áreas temporales y posteriores en la sesión post al realizar la tarea. Lo cual pudiera implicar que la música facilitó un estado funcional cerebral más homogéneo y un mayor grado de acoplamiento temporal entre regiones izquierdas y derechas, lo que a su vez facilitó las habilidades espaciales reflejándose en el mejor desempeño conductual que tuvo dicho grupo al realizar la tarea de identificación de patrones.

Por su parte, en el grupo de ruido se incrementó la correlación intrahemisférica de δ entre áreas temporales y posteriores en la sesión post al realizar la tarea, lo cual pudiera sugerir que el ruido facilitó una interacción funcional entre áreas temporales y posteriores durante la ejecución de la tarea viso-espacial. Por otro lado, se confirma la participación de regiones temporales y del precuneo en el lóbulo parietal en el procesamiento visoespacial referida por Mellet et al. (1996).

No se encontraron diferencias entre grupos en la actividad electroencefalográfica, ni en la PA ni en la PR. Estos parámetros reflejan cambios en el nivel de activación de regiones cerebrales, por lo que al parecer no existen diferencias en la activación de regiones corticales entre los niños que escucharon música y los que escucharon ruido blanco.

En cuanto a los cambios en la actividad eléctrica cerebral entre las sesiones pre y post, posterior al entrenamiento bajo estimulación auditiva ya sea con música o con ruido blanco pareciera que los niños requieren mayor esfuerzo para inhibir estímulos irrelevantes y poder lograr una concentración interna (incremento de la PR de δ), aunque esto no necesariamente les requiera mayor actividad mental para procesar la tarea (decremento de la PR de $\beta 1$).

Relevancia del estudio

El presente trabajo aporta el conocimiento del rol (o roles) que la música juega en el proceso de aprendizaje.

Confirma los hallazgos de los estudios en torno a la participación de regiones parietales y temporales en el procesamiento visoespacial.

Permite mostrar que el emplear estimulación auditiva (música o ruido blanco) mejora el procesamiento visoespacial.

Permite evidenciar el efecto diferencial de un entrenamiento precedido por música o por ruido blanco en el razonamiento espacial, demostrando particularmente sobre que aspectos espaciales tienen efectos.

Crea la posibilidad del empleo de la música como estrategia para propiciar una reorganización funcional, la cual pudiera facilitar o fortalecer el razonamiento visoespacial.

Da evidencias del papel facilitador de la música a largo plazo.

El mejoramiento en el razonamiento visoespacial encontrado como efecto de la estimulación auditiva ya sea música o ruido blanco puede ser de gran interés para los padres, maestros o instituciones educativas, ya que puede jugar un papel importante en el proceso de enseñanza aprendizaje de los alumnos (sobre todo en los de educación inicial), incrementando el aprendizaje en materias básicas en las que las habilidades espaciales son fundamentales como las matemáticas y las ciencias.

Los resultados de la presente investigación, son un principio para tratar de entender de una manera más objetiva los efectos de la música sobre el procesamiento visoespacial, dando pie para que en futuras investigaciones se evalúen sus efectos en otro tipo de procesos cognitivos más complejos, como la memoria, el lenguaje, etc. O bien considerar diferencias sexuales y evaluar el efecto facilitador de la música en las habilidades espaciales comparando hombres y mujeres, por solo mencionar algunas de las nuevas posibilidades.

Limitantes del estudio

Como fue descrito anteriormente en el apartado de resultados, en la evaluación posterior al entrenamiento ambos grupos incrementaron el número de aciertos en la subprueba de habilidades sensoriales-perceptuales de la ENI. Sin embargo, una de las limitantes de la presente investigación fue que no se contó con un grupo control lo cual hace difícil precisar si los cambios fueron debidos al desarrollo de estrategias de solución de problemas visoespaciales generados por el entrenamiento, o bien al entrenamiento escolar o al proceso de maduración natural.

Aunque los objetivos de la presente investigación no iban en este sentido hubiera sido valioso poder precisar a que pudieran deberse los cambios posteriores al tratamiento.

Por otro lado de acuerdo con la literatura revisada, la motivación y el estado de ánimo juegan un papel muy importante en los efectos positivos de la música en la ejecución de tareas visoespaciales. Sin embargo, como parte de la metodología de nuestro estudio no se realizó un cuestionario el cual evaluara el estado de ánimo o de motivación presente en los niños ante la estimulación auditiva. Por lo que no fue posible detectar si la música de Mozart genera un estado de ánimo o de motivación diferente al que pudiera ser generado por el ruido.

REFERENCIAS

- Aftanas, L. I., Golocheikine, S. A. (2001). Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention. High-resolution EEG investigation of meditation. *Neuroscience Letters*, 310, 57-60.
- Ahumada, R., Montenegro, A., Ahumada, G. (2001a). *Jugando aprendemos 3, ejercicios para el desarrollo intelectual del niño*. México, D. F.: Trillas.
- Ahumada, R., Montenegro, A., Ahumada, G. (2001b). *Jugando aprendemos 4, ejercicios de maduración para niños de 5 y 6 años*. México, D. F.: Trillas.
- Alcaraz, V. M., & Gumá, E. (2001). *Texto de Neurociencias Cognitivas*. México, DF: Manual Moderno.
- Alcaraz, V. M., Díaz de León, A. E., García, R., Guevara, M. A., & Ramirez, V. (1992). La dinámica de la actividad eléctrica cerebral en el curso de la composición de frases. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 1, 104-116.
- Alvin, J. (1990). *Musicoterapia* (2ª ed.). Barcelona: Paidós.
- Amezcuca, C., Ramos, J., Martínez, A., Del Río-Portilla, Y., Arce, C., Guevara, M. A., & Corsi-Cabrera, M. (1997). Actividad eléctrica cerebral, música y personalidad. *Neuropsychología Latina*, 3(2), 64.
- Amezcuca, C. (2000). *Efectos del tiempo musical sobre los potenciales evocados durante una tarea de atención selectiva*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Anastasi, A. (1980). *Test psicológicos*. Madrid: Aguilar.
- Arce, C. (1993). *Cambios electroencefalográficos relacionados al sexo y la habilidad espacial*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

- Arce, C., Ramos, J., Guevara, M. A., & Corsi-Cabrera, M. (1995) Effect of spatial ability and sex on EEG power in high school students. *International Journal of Psychophysiology*, 20, 11-20.
- Ardila, R. (1999) *Psicología Fisiológica*. México D. F. Trillas.
- Avaria, M. A. (2005). Aspectos biológicos del desarrollo psicomotor. *Revista pediátrica electrónica*, 2(1), 36-46.
- Babbage, S. J., Valentine E. R. (1995). Musical responsiveness and blocked capacity for intimacy: a comparison of music and psychology students. *British Journal of Medical Psychology*, 68, 269-277.
- Ballard, J. C. (1996). Computerized assessment of sustained attention: a review of factors affecting vigilance performance. *Journal of Clinical and experimental neuropsychology*, 18(6), 843-863
- Başar-Eroğlu C., Demiralp T., Schürmann M., & Başar E. (2001). Topological distribution of oddball "P300" responses. *Internacional Journal of Psychophysiology*, 39, 213-220.
- Başar-Eroğlu C., Demiralp T., & Schürmann M. (1992), P300-response: posible psychophysiological correlatos in delta and theta frequency channels. A review. *International Journal of Psychophysiology*, 13(2), 161-179.
- Başar E., Başar-Eroğlu C., Karakas S., & Schürmann M. (2001). Gamma, alpha, delta and theta oscillations govern cognitive processes. *Internacional Journal of Psychophysiology*, 39, 241-248.
- Başar, E., Başar-Eroğlu, C., Karakas, S., & Schürmann, M. (1999). Are cognitive processes manifested in event-related gamma, alpha, theta and delta oscillations in the EEG?. *Neuroscience Letters*, 259, 165-168.
- Başar, E., Schürmann, M., & Sakowitz, O. (2001). The selectively distributed theta system: functions. *International Journal of Psychophysiology*, 39, 197-212.

- Baudry, M., & Massicotte, G. (1992). Physiological and pharmacological relationships between long-term potentiation and mammalian memory. *Concepts of neuroscience*, 3, 79-98.
- Bell, M. A. (2002). Power changes in infant EEG frequency bands during a spatial working memory task. *Psychophysiology*, 39, 450-458.
- Benninger C., Matthis P., & Scheffner D. (1984). EEG development of healthy boys and girls. Results of a longitudinal study., *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 57(1), 1-12.
- Besson, M., Faïta, F., Peretz, I., Bonnel, A.-M., & Requin, J. (1998). Singing in the brain: Independence of lyrics and tunes. *Psychological Science*. 9, 494-498.
- Blood, A., Zatorre, R., Bermúdez, P., & Evans, A. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature neuroscience*, 2(4), 382-387.
- Bodner, M., Derr, C., Leng, X., Patera, J., Peterson, M., Ticheli, F., et al. (2002). The music math connection. *Early child connections, summer*, 9-16.
- Bodner, M., Muftuler, L., Nalcioglu, O., & Shaw, G. L. (2001). fMRI study relevant to the Mozart effect: Brain areas involved in spatial-temporal reasoning. *Neurological Research*, 23, 683-690.
- Brazier, M. A. (1961). *A History of the electrical activity of the brain*. Londres: Pitman medical publishing CO.
- Bridgett, D. J., & Cuevas, J. (2000). Effects of listening to Mozart and Bach on the performance of a mathematical test. *Perceptual motor skills*, 90, 1171-1175.
- Burton, L. (1986). Relationship between musical accompaniment and learning style in problem solving. *Perceptual and Motor Skills*, 62, 48-50.
- Campbell, D. (2000). *The Mozart effect for children*. New York: William Morrow.

- Campbell, D. (1992). *Introduction to the musical brain*. USA: MMB Music, Inc.
- Carlson, N. (1996). *Fundamentos de psicología fisiológica* (3ª ed.) México, D. F.: Pearson, Prentice Hall .
- Carstens, C. B., Huskins, E., & Hounshell, G. W. (1995). Listening to Mozart may not enhance performance on the revised Minnesota Paper Form Board Test, *Psychological Reports*, 77, 111-114.
- Cockerton, T., Moore, S., & Dale, N. (1997). Cognitive test performance and background music. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 1435-1438.
- Colby, C., y Olson C. (1999). Spatial Cognition, En Bloom Z. y Squire R. (Eds.) *Fundamental Neuroscience* (1364-1383). San Diego: Academic Press.
- Corballis, P. M. (2003). Visuospatial processing and the right-hemisphere interpreter. *Brain and Cognition*, 53, 171-176.
- Corsi- Cabrera, M. (1983). *Psicofisiología del sueño*, México, DF: Trillas .
- Corsi-Cabrera, M., Ponce de León, M., Juárez, J. & Ramos, J. (1994). Effects of paradoxical sleep deprivation and stress on the waking EEG on the rat. *Physiology and Behavior*, 55 (6), 1021-1027.
- Corsi-Cabrera, M., Arce, C., Ramos, J., & Guevara, M. A. (1996). Effect of spatial ability and sex on inter- and intrahemispheric correlation of EEG activity. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 102, 5-11.
- Costa-Giomi, E. (1999). The effects of three years of piano instruction on children's cognitive development. *Journal of research in music education*, 47(3), 198-212.
- Crowther, R. D., & Durkin, K. (1982). Sex and age-related differences in the musical preferences (abstract). *Psychology of Music*, 13, 64.
- Chabris C.F. (1999). Prelude or requiem for the "Mozart effect"? *Nature*, 400(26), 826-827.

- Dalla Bella, S., Peretz, I., Rosseau, L., & Gosselin, N. (2001). A developmental study of the affective value of tempo and mode in music. *Cognition*, 60, 1-10.
- Davidson, R. J., Chapman, J. P., Chapman, L. J., & Henriques, J. B. (1990). Asymmetrical brain electrical activity discriminates between psychometrically -matched verbal and spatial cognitive task. *Psychophysiology*, 27(5), 528-543.
- Despins, J. P. (1996). *La música y el cerebro*. Barcelona: Gedisa.
- Diezmann, C. M., & Watters, J. J. (2000). Identifying and Supporting Spatial Intelligence in Young Children. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 1(3), 299-313.
- Disimoni, F. (1978). *The token test for children*. Allen: DLM Teaching Resources.
- Dixon, G. (1981). Reviews of music. *Music & Letters*, 62, 454-455.
- Esquivel, C. M. (1983). *Apreciación Estérica Música*. México, D. F.: Secretaría de Educación Pública.
- Epstein, D. (1995). *Shaping time music the brain and performance*.
- Fernández, T., Harmony, T., Rodríguez, M., Reyes, A., Marosi, E., & Bernal, J. (1993). Test-Retest Reliability of EEG Spectral Parameters during cognitive tasks: I absolute and Relative Power. *International Journal of Neuroscience*, 68, 255-261.
- Fernández, T., & González, A. (2001). EEG y cognición. En Alcaraz, V. M., & Gumá, E. (Eds.) *Texto de Neurociencias cognitivas*. México, D.F.: Manual Moderno.
- Fisher, R. L. (1951). Preferences of different age and socioeconomic groups in unstructured musical situations. *Journal of Social Psychology*, 33, 147-152.
- Fogelson, S. (1973). Music as a distractor on reading test performance of eighth grade students. *Perceptual and Motor Skills*, 36, 1265-1266.

- Fontaine, C. W., & Schwalm, N. D. (1979). Effects of Familiarity of Music on Vigilant Performance. *Perceptual and Motor Skills*, 49, 71-74
- Ford, M. R., Goethe, J. W., & Dekker, D. K. (1986). EEG coherence and power changes during a continuous movement task. *International Journal of Psychophysiology*, 4(2), 99-110.
- Fried, R., & Berkowitz, L. (1979). Music hath charms...and can influence helpfulness. *Journal of Applied Social Psychology*, 9, 199-208.
- Frostig, M. (1983). *Figuras y formas, nivel intermedio*. México, D. F.: Editorial médica panamericana.
- Frostig, M. (1983). *Figuras y formas, nivel adelantado*. México, D. F.: Editorial médica panamericana.
- Gaver, W. W., & Mandler, G. (1987). Play it again, Sam: on liking music. *Cognition and Emotion*, 1(3), 259-282.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R., & Mangun, G. (1998). *Cognitive Neuroscience. The biology of the mind*. New York: Norton & Company, Inc.
- Geden, E., Lower, M., Beattie, S., & Becj, N. (1989). Effects of music and imagery on physiologic and self-report of analogued labor pain. *Nursing Research*, 38(1), 37-41.
- Gilman, S., & Winans, S. (1989). *Principios de neuroanatomía y neurofisiología clínicas de Manter y Gatz*. México, D.F.: Manual Moderno.
- Graham, M., Clarke, M. & Colby, P. (1993) Adolescent suicide: Music preference as an indicator of vulnerability. *Journal of american Academy of Child Adolescent Psychiatry*, 32(3), 530-535.
- Graziano, A. B., Peterson, M., & Shaw, G. L. (1999). Enhanced learning of proportional math through music training and spatial-temporal training. *Neurological Research*, 1, 2139-2152.

- Greenberg, R., & Fisher, S. (1971). Some differential effects of music on projective and structured psychological tests. *Psychological report, 28*, 817-818.
- Guevara, M. A. (1995). *Aplicación del análisis de correlación a la actividad electroencefalográfica*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Guevara, M. A., Ramos, J., & Corsi-Cabrera, M. (1997). Un método práctico para el espectro de correlación entre señales electroencefalográficas para evaluar relaciones funcionales entre áreas cerebrales. *Revista Mexicana de Psicología, 14*(1), 5-12.
- Gutiérrez, S., & Corsi-Cabrera, M. (1988). EEG activity during performance of cognitive task demanding verbal and/or spatial processing. *International Journal of Neuroscience, 62*, 149-155.
- Gundel, A., & Wilson, G.F. (1992). Topographical changes in the ongoing EEG related to the difficulty of mental tasks. *Brain Topography, 5*, 17-25.
- Hargreaves, D. J. (1998). *Música y Desarrollo psicológico*. Barcelona: Graó.
- Hargreaves, D. J., Messerschmidt, P., & Rubert, C. (1980). Musical preference and evaluations. *Psychology of Music, 8*, 13-18.
- Hassler, M. (1990). Functional cerebral asymmetries and cognitive abilities in musicians, painters, and controls. *Brain and cognition, 13*(1), 1-17.
- Hirshkowitz, M., Earle, J., & Paley, B. (1978). EEG alpha asymmetry in musicians and non-musicians. *Neuropsychologia, 16*, 125-128.
- Ho, Y. Ch., Cheung, M. C. & Chan, A. S. (2003). Music Training Improves Verbal but not Visual Memory: Cross-Sectional and Longitudinal Exploration in Children. *Neuropsychology, 17*(3), 439-450.
- Hoffer, A. (1981). Geometry is more than Proof. *Mathematics Teacher, 74*(1), 11-18

- Hughes, J. R., Daaboul, Y., Fino, J. J., & Shaw, G. L. (1998). The "Mozart effect" on epileptiform activity. *Clinical Electroencephalography*, 29, 109-119.
- Hurlock, E. B. (1988). *Desarrollo del niño* (2a. ed). México, D. F.: McGraw-Hill Interamericana S. A.
- Inanaga, K. (1998). Frontal midline theta rhythm and mental activity. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 52, 555-566.
- Iwanaga, M. & Tsukamoto, M. (1997). Effects of excitative and sedative music on subjective and physiological relaxation. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 287- 296.
- Jaušovec, N., & Jaušovec, K. (2000). EEG activity during the performance of complex mental problems. *International Journal of Psychophysiology*, 36, 73-88.
- Joseph, R. (1988). The right cerebral hemisphere: emotion, music, visual-spatial skills, body-Image, dreams and awareness. *Journal of clinical psychology*, 44(56), 30-76.
- Joseph, R. (1982). The neuropsychology of development: hemispheric laterality, limbic language and the origin of thought. *Journal of Neurosurgery and Psychiatry*, 49, 628-634.
- Justus, T. C., & Ivry, R. B. (2001). The Cognitive Neuropsychology of the Cerebellum. *International Review of Psychiatry*, 13, 276-282.
- Kaempf, G., & Amodei, M. (1989). The effect of music on anxiety. *Aorn Journal*, 50(1), 112-118.
- Kandel, E., Jessel, E., & Schwartz, J. (1998). *Neurociencia y conducta*. Madrid: Prentice Hall.
- Karageorghis, C. I., Terry P. C., & Lane, A. M. (1999). Development and initial validation of an instrument to assess the motivational qualities of music in exercise and sport: the Brunel Music Rating Inventory. *Journal of Sports Science and medicine*, 17, 9713-9724.
- Kenealy, P., & Monsef, A. (1994). Music and IQ tests. *The Psychologist*, 7, 346.

- Keston, M. J., Pinto, I. M. (1955). Possible factors influencing musical preference. *The Journal of genetic psychology; child behavior, animal behavior, and comparative psychology*, 86(1), 103-113.
- King, J. A., Burgess N., Hartley T., Vargha-Khadem, F., & O'Keefe, J. (2002). Human Hippocampus and Viewpoint Dependence in Spatial Memory. *Hippocampus*, 12, 811-820.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Review*, 29, 169-195.
- Klimesch, W., Schack, B., & Sauseng, P. (2005). The Functional Significance of Theta and Upper Alpha Oscillations. *Experimental Psychology*, 52(2), 99-108.
- Klimesch W., Doppelmayr M., Chimke, H., & Ripper, B. (1997). Theta synchronization and alpha desynchronization in a memory task. *Psychophysiology*, 34, 169-176.
- Kolev, V., Yordanova, J., Schürmann, M., & Başar, E. (2001). Increased frontal phase-locking of event-related alpha oscillations during task processing. *International Journal of Psychophysiology*, 39(1-2), 159-165.
- Kubota, Y. Sato, W., Toichi, M., Murai, T., Okada, T., Hayashi, A., et al. (2001). Frontal midline theta rhythm is correlated with cardiac autonomic activities during the performance of an attention demanding meditation procedure. *Cognitive Brain Research*, 11, 281-287.
- Leng, X., & Shaw, G. L. (1991). Toward a neural theory of higher brain functions using music as a window. *Concepts Neuroscience*, 2(2), 229-258.
- Lindsley, D. (1987). Activation, arousal, alertness, and attention. En G. Adelman (Ed.) *Encyclopedic of Neuroscience*, Boston, Birkhäuser.
- Linn, M. C., Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498.
- Ligeois-Chauvel, C. Peretz, I., Babai, M., et al. (1998). Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. *Brain*, 121, 1853-1867.

- Luria, A. R. (1984). *El cerebro en acción*. Barcelona: Martínez Roca.
- Madsen, C. (1987). Background music: competition for focus of attention. En Madsen, C. & Prickett (Eds.) *Applications of research in music behavior*. Tuscaloosa, L.A. University of Alabama press.
- Maher, T. F. (1980). A rigorous test of the proposition that musical intervals have different psychological effects. *American Journal of Psychology*, 93(2), 309-327.
- Maltin, M. W., & Foley, H. J. (1996). *Sensación y percepción*. Naucalpan: Prentice Hall.
- Mangun, G. R. & Hillyard, S. (1990). Electrophysiological studies of visual selective attention in humans. En Scheibel, A. B., & Weschler, A. F. (Eds.) *A neurobiology of higher cognitive function*. New York: Guilford Press.
- Martimortugués Goyenechea, C. (2002). *Ruido y Estrés Ambiental*. España: Ediciones Aljibe.
- Mansura, M., Yamamoto, K., Fukuzawa, H., Okubo, Y., Uesugi, H., Moriiwa, M., et al. (1985). Age Development and Sex Difference of Various EEG Elements in Healthy Children and Adults-quantification by a computerized wave form recognition method. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 60(5), 394-406.
- Mayfield, C., & Moss, Ch. (1989). Effect of music tempo on task performance. *Psychological Reports*, 65, 1283-1290.
- McCutcheon, L. E. (2000). Another failure to generalize the Mozart effect. *Psychological Reports*, 87, 325-330.
- McGaugh, J. L. (1966). Time-dependent processes in memory storage. *Science* 153, 1351-1358
- McKelvie, P., & Low. J. (2002). Listening to Mozart does not improve children's spatial ability: Final curtains for the Mozart effect. *British Journal of Developmental Psychology*, 20(2), 241-258.

- Mellet, E., Tzourio, N., Crivello, F., et al. (1996). Functional anatomy of spatial imagery generated from verbal instructions. *Journal of Neuroscience*, 16, 6504-6512.
- Molinari, M., Petrosini, L., Misciagna, S., & Leggio, M.G. (2004). Visuospatial abilities in cerebellar disorders. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 75, 235-240.
- Montilla López, P. (1999). *El Cerebro y la Música: un Enfoque interdisciplinario*, Córdoba: Servicio de Publicaciones Universidad de Córdoba.
- Nantais, K. M., & Schellenberg, E. G. (1999). The Mozart Effect: An Artifact of Preference. *American Psychological Society*, 10(4), 370-373.
- Nakamura, S., Sadato, N., Ohashi, T., et al. (1999). Analysis of music-brain interaction with simultaneous measurement of regional blood flow and electroencephalogram beta rhythm in human subjects. *Neurosciences Letters*, 275, 222-226.
- Newman, J., Rosenbach, J. H., Burns, K. L., Latimer, B. C., Mataocho, H. R., & Vogt, E. R. (1995). An experimental test of "the Mozart effect": does listening to his music improve spatial ability?. *Perceptual Motor Skills*, 81(3), 21379-21387.
- Nielzen, S. & Cesarec, Z. (1982). Emotional experience of music by psychiatric patients compared with normal subjects. *Acta Psychiarica. Scandinavica*, 65, 450-460.
- Noy, P. (1967). The psychodynamic meaning of music. Part II. *Journal of Music Therapy*, 1, 7-23.
- Orozco Medina, M. G. (2004). *El Ruido en el Centro Histórico de Zapopan, Identificación y Análisis*, Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.
- Ostrosky-Solis, F., & Ardila, A. (1986). *Hemisferio derecho y conducta: Un enfoque neuropsicológico*. México, D. F.: Trillas.
- 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(11), 1723-6.

- Papalia, D. E., Olds, S. W., & Feldman, R. D. (2001). *Psicología del desarrollo* (8a ed.). Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, S. A.
- Papanicolaou, A. C., Raz, N., Loring, D. W., & Einsenberg, H. M. (1986). Brain stem evoked response suppression during speech production [Abstract]. *Brain Lang*, 27, 50-55.
- Papanicolaou, A. C., Deutsch, G., Bourbon, W. T., Will, K. W., Loring, D. W., & Eisenberg, H. M. (1987). Convergent evoked potential and cerebral blood flow evidence of task-specific hemispheric differences. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 66(6), 515-520.
- Parente, J. (1976). Music preference as a factor of music distraction. *Perceptual and Motor Skills*, 43, 337-338.
- Paus, T., Zatorre, R.J., Hofle, N., Caramanos, Z., (1997). Timerelated changes in neural systems underlying attention and arousal during the performance of an auditory vigilance task. *J. Cogn. Neurosci.* 9 (3), 392- 408.
- Pearce, K. (1981). Effects of different types of music on physic streng. *Perceptual and Motor Skills*, 53, 351-352.
- Peretz, I., & Morais, J. (1989). Music and modularity. *Contemporary Music Review*, 4, 279-293.
- Peretz, I. (1996) Can we lose memory for music? The case of music agnosia in a nonmusician. *Journal of Cognitive Neurosciences* 8: 481-496.
- Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: Perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition*, 68, 11-141.
- Peretz, I. & Gagnon, L. (1999). Dissociation between recognition and emotional judgment for melodies. *Neurocase*, 5, 21-30.
- Perrewé, P. & Mizerski, R. (1987). Effect of music on perceptions of task characteristics. *Perceptual and Motor Skills*, 65,165-166.

- Petsche, H., & Lindner, K. (1988). The EEG: an adequate method to concretize brain processes elicited by music. *Music Perception*, 6(2), 133-160.
- Petsche, H., Lacroix, D., Linder, K., Rappelsberger, P., & Schmid-Henrich, E. (1992). Thinking with images or thinking with language: a pilot EEG probability mapping study. *International Journal of Psychophysiology*, 12, 31-39.
- Petsche, H., Richter, P., Von Stein, A., Etlinger, S., & Filz, O. (1993). EEG coherence and musical thinking. *Music Perception*, 11(2), 117-151.
- Petsche, H. (1997a). Contribution of spontaneous EEG to understanding cognitive functions. *Wien Klin Wochenschr*, 109, 9327-9341.
- Petsche, H., Kaplan, S., Von Stein, A., & Filz, O. (1997b). The possible meaning of the upper and lower alpha frequency ranges for cognitive and creative tasks. *International Journal of Psychophysiology*, 26, 377-397.
- Piaget, J. (1995). *Seis estudios de psicología* (4ª ed.). Colombia: Editorial Labor S. A. (Trabajo original publicado en 1964).
- Piaget, J. (2000a). *El nacimiento de la inteligencia en el niño*. Barcelona: Crítica. (Trabajo original publicado en 1977).
- Piaget, J., & Inhelder, I. (2000b). *Psicología del niño* (15ª ed.). Barcelona: Ediciones Morata, S. L. (Trabajo original publicado en 1969).
- Pignatiello, M., Camp, C., & Rasar, L. (1986). Musical mood induction: an alternative to the velten technique. *Journal of Abnormal Psychology*, 95(3), 295-297.
- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1997). Networks of attention. *Images of Mind*, 153-179.
- Pribram, K. H., & McGuinness, D. (1975). Arousal, Activation, and effort in the control of attention. *Psychological Review*, 82(2), 116-149.

- Rains, G. D. (2004). Principios de neuropsicología humana. (V. Campos trad.). México D. F.: McGrawHill. (Trabajo original publicado en 2002).
- Ramos, J., & Corsi-Cabrera, M. (1989). Does brain electrical activity react to music? *International Journal of Neuroscience*, 47, 351-357.
- Ramos, J., Corsi-Cabrera, M., Guevara, M. A., & Arce, C. (1993). EEG activity during cognitive performance in women. *International Journal of Neuroscience*, 69(2), 185-195.
- Ramos, J. (1994). *El cerebro y la música: Un estudio psicofisiológico*. Tesis Doctoral. Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Ramos, J., Guevara, M. A., Martínez, A., Arce, C., Del Rio, Y., Amezcua, C., & Corsi-Cabrera M. A. (1996). Evaluación de los estados afectivos provocados por la música. *Revista Mexicana de Psicología*, 13(2), 131-145.
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, K. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature* 365, 611.
- Rauscher, F. H., Shaw, G., & Ky, K. N. (1995). Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis. *Neuroscience Letters*, 185, 144-147.
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., Levine, L. J., Wright, E. L., Dennis, W. R., & Newcomb, R. L. (1997). Music training causes long-term enhancement of preschool children's spatial-temporal reasoning. *Neurological Research*, 19, 1-8.
- Rauscher, F. H., & Shaw, G. (1998). Key components of the Mozart effect. *Perceptual and Motor Skills*, 86(3), 1835-1841.
- Rauscher, F. H., & Zupan, M. A. (2000). Classroom keyboard instruction improves kindergarten children's spatial-temporal performance: a field experiment. *Early childhood research quarterly*, 15(2), 215-228.
- Rauscher, F. H. (1997). A cognitive basis for the facilitation of spatial-temporal cognition through music instruction. In Verna Brummett (Ed.), *Ithaca Conference '96 Music as Intelligence: A Sourcebook* (pp.31-44). Ithaca : Ithaca College Press.

- Raven, J. C., Court, J. H., & Raven, J. (1993). *Test de matrices progresivas, escalas coloreada, general y avanzada. Manual*. Buenos Aires: Paidós.
- Raven, J. C., (1996). *Test de matrices progresivas, escala general SPM* Madrid: Tea.
- Reynolds, S. B. (1984). Biofeedback, relaxation training, and music: homeostasis for coping with stress. *Biofeedback and Self-regulation*, 9(2), 169-179.
- Reinhardt, U., & Lange, E. (1982). Effect of music on depressed patients. *Psychiatry Neurology Medical Psychology*, 34, 7414-21.
- Revelle, W., & Loftus, D. (1992). The implications of arousal effects for the study of affect and memory. In S. A. Christianson (Ed.) *Handbook of emotion and memory*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rideout, B., & Laubach, C. (1996). EEG correlates of enhanced spatial performance following exposure to music. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 427-432.
- Rideout, B. E. & Taylor, J. (1997). Enhanced spatial performance following 10 minutes exposure to music: A replication. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 112-114.
- Rideout, B. E., Dougherty, S., & Wernert, L. (1998). Effect of music on spatial performance: A test of generality. *Perceptual and Motor Skills*, 86, 512-514.
- Rigau-Ratera, E., García-Novell, C., & Artigas-Pallarés, J. (2004). Características del trastorno no verbal. *Revista de Neurología*, 38(1), S33-S38.
- Rippon, G. (1990). Individual differences in electrodermal and electroencephalographic asymmetries. *International Journal of Psychophysiology*, 8, 309-320.
- Roberts, J. E., & Bell, M. A. (2002). The Effects of Age and Sex on Mental Rotation Performance, Verbal Performance, and Brain Electrical Activity. *Wiley Periodicals, Inc.*, 40, 1-18.

- Roselli, M., Ardila, R., Pineda, D., & Lopera, F. (1997). *Neuropsicología infantil*. Medellín: Prensa Creativa.
- Rugg, M., & Coles, M. (1996). The ERP and Cognitive Psychology: Conceptual Issues. En Rugg, M. y Coles, M. (Ed.), *Electrophysiology of Mind. Event-Related Brain Potentials and Cognition*. New York, Oxford University Press.
- Rugg, M. D., & Dickens, A. M. (1982). Dissociation of alpha and theta activity as a function of verbal and visuospatial tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 53(2), 201-207.
- Samson S, Ehrle N, Baulac M. (2001) Cerebral substrates for musical temporal processes. In: Zatorre RJ and Peretz I (eds). *The Biological Foundations of Music*. New York: NY Academy of Science, pp. 166–178.
- Sattler, J.M. (2003). *Evaluación Infantil: Aplicaciones Cognitivas (Vol.1) (4ª. Ed.)* México, D.F., México: Manual Moderno.
- Sarnthein J., VonStein A., Rappelsberger, P., Petsche, H., Rauscher, F., & Shaw, G. (1997). Persistent patterns of brain activity : an EEG coherence study of the positive effect of music on spatial-temporal reasoning. *Neurological Research*, 19, 2107-2116
- Schreiber, H. E. (1988). Influence of music on college students achievement. *Perceptual and Motor Skills*, 66, 338.
- Schellenberg, E. G. (2001). Music and nonmusical abilities en: Zatorre RJ and Peretz I (eds). *The Biological Foundations of Music*. New York: NYAcademy Science pp. 355–371.
- Schürmann, M., Basar-Eroglu, C., Kolev, V., & Basar, E. (2001). Delta responses and cognitive processing: single-trial evaluations of human visual P300. *International Journal of Psychophysiology*, 39, 229-239.
- Shaden, D. (1997). Effects of melody and lyrics on mood and memory. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 31-40.

- Shaffer, D. R. (2000). *Psicología del desarrollo, Infancia y adolescencia*. México, D. F. : Internacional Thompson Editores S. A. de C. V.
- Shaw, J. C. (1984). Correlation and Coherence analysis of the EEG a selective tutorial review. *International Journal of Psychophysiology*, 1, 255-266.
- Shaw, G. (2000). *Keeping Mozart in mind*. San Diego: Academic press.
- Shaw, G., & Bodner, M. (1999). Music enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis using EEG. *Clinical Electroencephalography*, 30, 4151-4155.
- Skipper, J. K. (1975). Musical taste of Canadian and American college students: an examination of the massification and Americanization theses. *Canadian Journal of Sociology*, 1, 49-59.
- Sloboda, J. A. (1991). Music structure and emotional response: Some empirical findings. *Psychology of Music*, 19, 110-120.
- Sloboda, J. A. (1992). Empirical studies of emotional response to music. En Jones, M. R., & Holleran (Eds.). *Cognitive bases of musical communication*. American Psychological association.
- Smith, C. A., & Morris, L. W. (1976). Effects of stimulative and sedative music on cognitive and emotional components of anxiety. *Psychological Reports*, 38, 1187-1193.
- Smit, A. S., Eling, P. A. T. M., & Coenen, A. M. L. (2004). Mental effort affects vigilance enduringly: after-effects in EEG and behavior. *International Journal of Psychophysiology*, 53, 239-243.
- Sogin, D. W. (1988). Effects of three different musical styles of background music on coding by college-age students. *Perceptual and Motor Skills*, 67, 275-280.
- Sousou, S. (1997). Effects of melody and lyrics on mood and memory. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 31-40.

- Springer, S. P., & Deutsch, G. (1988). *Cerebro izquierdo, cerebro derecho*. Madrid: Alianza Editorial.
- Steele, K., Dalla Bella, S., Peretz, I., Dunlop, T., Dawe, L. A., Humphrey, G. K., et al. (1999). Prelude or requiem for the "Mozart effect"? *Nature*, *400*(26), 827-828.
- Steele, K., Brown, J. D., & Stoecker, J. A. (1999). Failure to confirm the Rauscher and Shaw description of recovery of the Mozart effect. *Perceptual and Motor Skills*, *88*(3), 1843-1848.
- Stewart, L. (1961). *Introduction to the principles of electroencephalography*. Springfield: Charles C. Thomas Publisher.
- Thau, K., Rappelsberger, P., Loverk, A., Petsche, H., Simhandl, Ch., & Topitz, A. (1989). Effect of lithium on the EEG of healthy males and females. *Neuropsychobiology*, *20*, 158-163.
- Tucker, D. M., Dawson, S. L., Roth, D. L., & Penland, J. G. (1985). Regional changes in EEG power and coherence during cognition: intensive study of two individuals. *Behavioral Neuroscience*, *99*, 564-577.
- Van Horn, J., Gold, J. M., Esposito, G., Ostrem, L., Mattay, V., Weinberger, D., & Faith, B. (1998). Changing patterns of brain activation during maze learning. *Brain Research*, *793*(1-2), 29-38.
- Valentino, D. A., Arruda, J. E., & Gold, S. G. (1993). Comparison of QEEG and response accuracy in good vs poorer performers during a vigilance task. *International Journal of Psychophysiology*, *15*, 123-133.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, *117*, 250-270.
- Walker, J. L. (1977). Subjective reactions to music and brainwave rhythms. *Physiological Psychology*, *5*(4), 483-489.
- Wilson, T. L., & Brown, T. L. (1997). Reexamination of the Effect of Mozart's Music on Spatial-Task Performance. *The Journal of Psychology*, *131*(4), 365-370.

Wolf, R. H., & Weiner, F. (1972). Effects of four noise conditions on arithmetic performance. *Perceptual and Motor Skills*, 35, 928-930.

Zatorre R. Neural specializations for tonal processing (2001) en: Zatorre RJ and Peretz I (eds). *The Biological Foundations of Music*. New York: NYAcademy Science pp. 193-210.

Zissman, A., & Neimark, E. (1990). The influence of familiarity on evaluations of liking and goodness of several types of music. *The psychological Record*, 40, 481-490.

Zomeran, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical Neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press.

ANEXOS

Piloto 1 (Prueba de Matrices Progresivas Raven)

Antes de iniciar propiamente con el trabajo experimental, primeramente se llevó a cabo un estudio piloto utilizando la prueba de Matrices Progresivas de Raven escala coloreada. En la actualidad dicha prueba no esta estandarizada en México, la más reciente estandarización fue en una población Argentina en 1993. Es así que se requirió determinar que los puntajes de niños mexicanos de entre 5 y 7 años de edad no discreparan significativamente de los puntajes de la población argentina.

Objetivos

Obtener los puntajes de ejecución de la prueba de Matrices Progresivas de Raven (escala coloreada) en una muestra de sujetos mexicanos de entre 5 y 7 años de edad. Dichos puntajes se compararon con los puntajes normalizados de una población argentina para obtener sus rangos percentiles, y de este modo clasificar al sujeto según su puntaje como perteneciente a un rango de capacidad intelectual.

Sujetos

Participaron 10 sujetos voluntarios 5 niños y 5 niñas de entre 5.8 y 7.5 años de edad ($X = 6.3$, $S = .622$) sanos, diestros y estudiantes de preescolar, 1° y 2° de primaria .

Procedimiento

A cada niño se le aplicó la prueba de Matrices Progresivas de Raven, escala coloreada en su forma de cuadernillo, según las pautas indicadas en el *Manual del Test* (Paidós, 1993).

Evaluación

Se consideró como respuesta correcta o incorrecta la pieza que el sujeto señaló como elección final.

Resultados

Para interpretar los resultados se consideró el puntaje total de cada sujeto en relación con la frecuencia porcentual con que ese valor aparece entre personas de la misma edad. Este método tiene las ventajas de que no implica ningún supuesto a priori acerca de que el desarrollo de la capacidad intelectual en la infancia sea uniforme o se distribuya simétricamente.

Los percentiles son puntuaciones que se expresan en función del porcentaje de personas, en un grupo normativo (población), que queda por debajo de una puntuación directa determinada (Anastasi, 1980).

De este modo podrá clasificarse al sujeto según su puntaje como perteneciente a uno de los siguientes rangos de capacidad intelectual:

- RANGO I.** *Intelectualmente superior:* si su puntaje iguala o sobrepasa el percentil 95 para sujetos de su grupo de edad.
- RANGO II.** *Definidamente superior al término medio:* si su puntaje iguala o sobrepasa el percentil 75.
II +: si su puntaje iguala o sobrepasa el percentil 90.
- RANGO III.** *Intelectualmente término medio:* si su puntaje cae entre los percentiles 25 y 75.
III +: si su puntaje sobrepasa el percentil 50.
III -: si su puntaje es inferior al percentil 50
- RANGO IV.** *Definidamente inferior al término medio:* si su puntaje es igual o menor al percentil 25.
IV -: si su puntaje es igual o menor al percentil 10
- RANGO V.** *Intelectualmente Deficiente:* si su puntaje es igual o menor que el percentil 5 de su grupo de edad.

A fin de comparar los sujetos se tomó como población normativa la estandarización realizada en Buenos Aires, Argentina en 1993 a 445 niños de entre 5 y 10 años. En la fig. x se ilustra la distribución de los 10 niños que participaron en el piloteo en los diferentes percentiles.

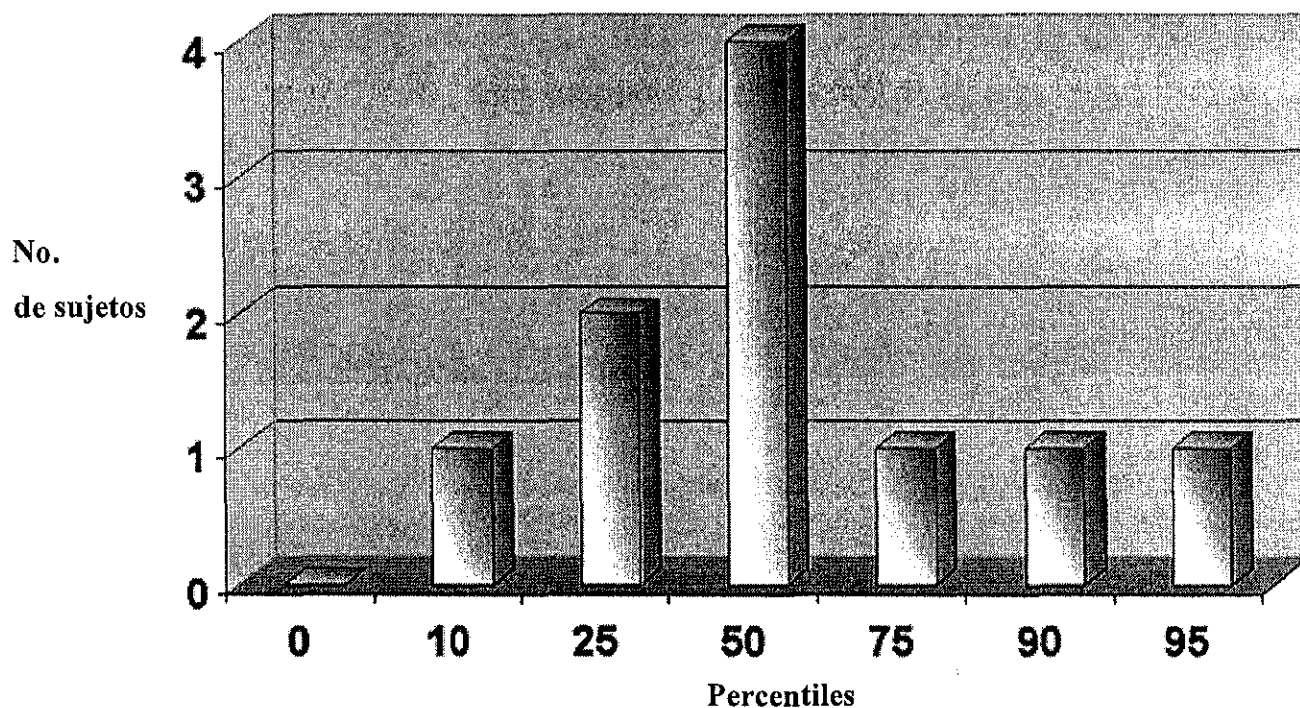


Fig. x Distribución de los 10 niños que participaron en estudio piloto de la prueba de Raven en los diferentes percentiles, comparados con la estandarización realizada en Buenos Aires, Argentina en 1993.

Como puede observarse 1 niño presentó un puntaje *Intelectualmente superior*, 2 *superior al término medio*, 4 *término medio* y 3 *inferior al término medio*.

Conclusiones

A partir de estos resultados se puede concluir que la prueba de Matrices Progresivas de Raven, escala coloreada, presenta una distribución normal en la muestra a la que se le aplicó de tal manera que, se puede sugerir que es una prueba con un grado de dificultad óptimo para la edad de los sujetos de la muestra.

Piloto 2 (Tarea de Identificación de Patrones)

Objetivo

Determinar que la tarea seleccionada fuera la óptima en cuanto al grado de dificultad para la edad de los sujetos de la muestra.

Sujetos

Participaron 16 sujetos de sexo femenino, voluntarios de entre 5 y 7 años de edad ($\bar{X} = 6.0$, $S = .723$) sanas, y estudiantes de preescolar de 1° y de 2° de primaria.

Procedimiento

A cada sujeto se le aplicó una tarea espacial.

Descripción de la Tarea

La tarea fue de tipo visoespacial, modificada a partir de una versión utilizada en adultos probada en otras investigaciones (Gutiérrez & Corsi, 1988; Arce et. Al., 1995 y Ramos et al., 1993).

Consiste en seleccionar una figura simple que esta dentro de una más compleja (Ver fig. 1).

Criterios: sólo hay una respuesta correcta y tiene minuto y medio máximo por estímulo para responder.

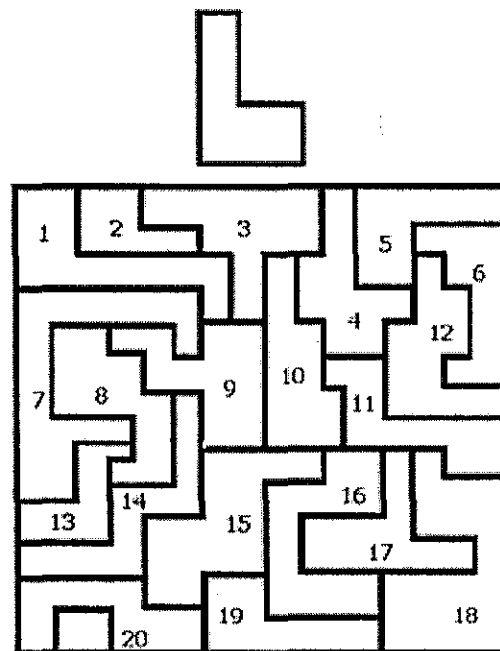


Fig 1.

Se diseñaron 3 variantes de la tarea de habilidades espaciales. Estas variantes estuvieron en relación con el grado de dificultad.

Grado de dificultad bajo: consistió en la presentación de un rompecabezas similar al de la fig. x hecho de papel pero conformado únicamente por 13 piezas y el niño tenía que identificar dentro del patrón, la pieza suelta que se le mostraba. En esta modalidad participaron 5 sujetos.

Grado de dificultad medio: consistió en la presentación del mismo rompecabezas que la condición anterior con la diferencia de que las piezas podían ser presentadas al revés, rotadas a la derecha o a la izquierda. En esta modalidad participaron 6 niñas.

Grado de dificultad alto: consistió en la presentación del mismo rompecabezas que las condiciones anteriores salvo que el estímulo estaba constituido por 20 piezas (ver fig 2). Igualmente las piezas podían ser presentadas al revés, rotadas a la derecha o a la izquierda. En esta modalidad participaron 5 niñas.

Evaluación

Se analizó la ejecución (no. de aciertos, errores, el tiempo de respuesta y las omisiones)

Resultados

Como puede verse en la Fig. 3, el grupo 1 que pasó por el menor grado de dificultad de la tarea presenta el mayor porcentaje de aciertos, mientras que el grupo 3, que fue sometido al más alto grado de dificultad, presenta el porcentaje menor.

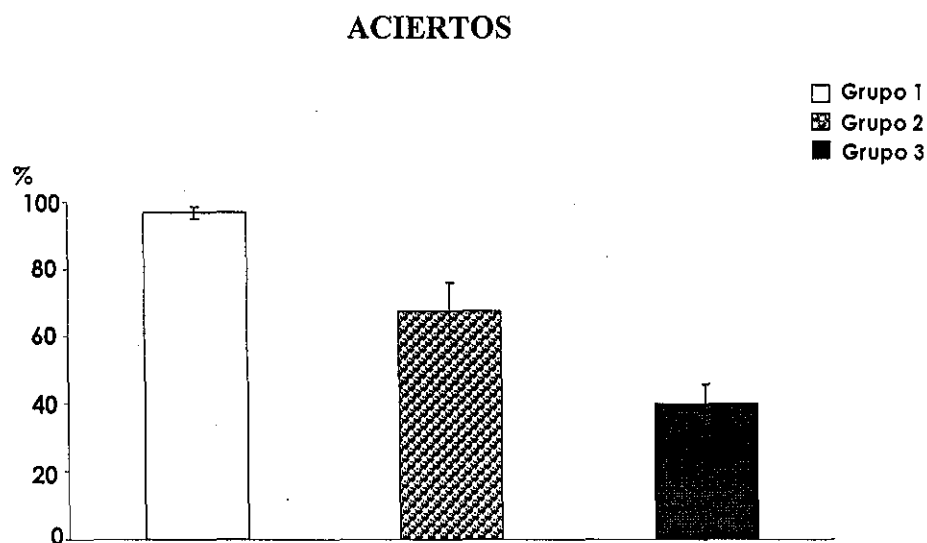


Fig. 3 Porcentaje de aciertos de los 3 grupos: grupo 1 (grado de dificultad baja) grupo 2 (grado de dificultad media) y grupo 3 (grado de dificultad alta) en la fase del estudio piloto de evaluación de la tarea.

En cuanto a las omisiones que se refieren a la no respuesta del sujeto en minuto y medio que tiene de límite para contestar, en la fig. 4 se puede observar que el grupo 1 no presenta omisiones, le sigue el grupo 2 con 1.41% y finalmente el grupo 3 con 14.73% de omisiones.

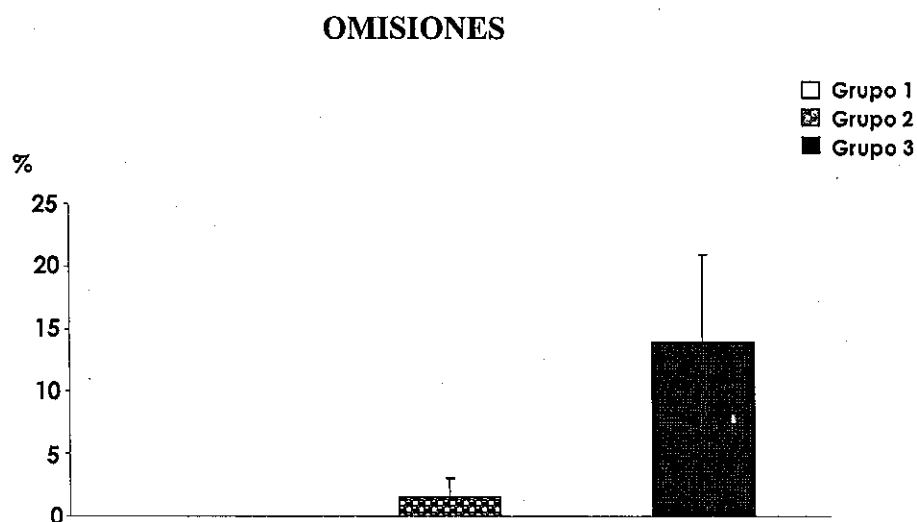


Fig. 4 Porcentaje de omisiones de los 3 grupos: grupo 1 (grado de dificultad baja) grupo 2 (grado de dificultad media) y grupo 3 (grado de dificultad alta) en la fase del estudio piloto de evaluación de la tarea.

La fig. 5 muestra los resultados del tiempo de reacción donde se destaca que el grupo 1 tiene el tiempo de reacción más breve, siguiéndole el grupo 2 y 3, respectivamente.

PROMEDIO TIEMPO DE REACCION

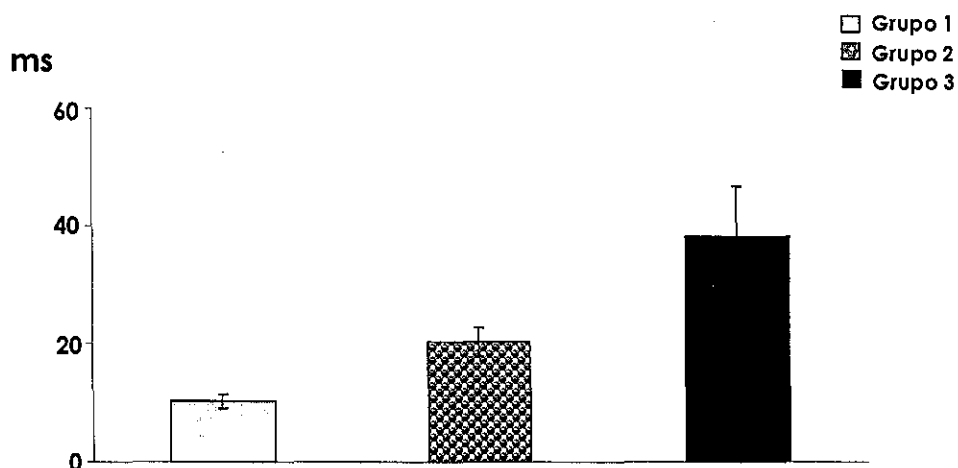


Fig. 5 Tiempo de reacción promedio de los 3 grupos: grupo 1 (grado de dificultad baja) grupo 2 (grado de dificultad media) y grupo 3 (grado de dificultad alta) en la fase del estudio piloto de evaluación de la tarea.

Conclusiones

Con base a estos resultados se puede sugerir que el grado óptimo de dificultad para la tarea de figuras ocultas es la variante 3 (*Grado de dificultad alto*) en donde se presentó el rompecabezas constituido por 20 piezas, y las piezas podían ser presentadas al revés, rotadas a la derecha o a la izquierda. (ver fig 2). Ya que en esta, un 42% de aciertos deja un margen de mejoramiento mayor ante el entrenamiento en relación con las otras tareas que son más fáciles y hay muy poco margen para mejorar.