

## APORTACIONES DE LA NEUROCIENCIA COGNITIVA A LA ESTIMULACIÓN AUDITIVA MUSICAL DE 0 A 6 AÑOS

*Ana María Botella Nicolás*  
*ana.maria.botella@uv.es*  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

*María de los Ángeles Peiró Esteve*  
C.P. EL PRAT 1 DE EL PRAT DEL LLOBREGAT

*Recibido: 13 de marzo de 2016*  
*Aceptado: 17 de noviembre de 2016*

### **Resumen**

Este artículo forma parte de una investigación más amplia acerca de la actitud y la aptitud que los maestros generalistas de 2º ciclo de Educación Infantil de los colegios públicos de Valencia tienen para estimular auditivamente a sus alumnos a partir de la discriminación auditiva y la escucha comprensiva de las audiciones musicales, con el fin de desarrollar el oído interno y la capacidad atencional. A lo largo de este trabajo se explica cómo afecta al cerebro infantil una continua estimulación sensorial, concretamente la auditiva, desde el ámbito neurológico.

Palabras clave: Sistema nervioso central, neuroplasticidad, estimulación auditiva, educación infantil, audición musical.

### **Abstract**

This article is extracted from a more comprehensive research on the attitude and aptitude that class teachers of the 2nd cycle of early childhood education in public schools of Valencia have for the auditory stimulation of students through the auditory discrimination and comprehensive listening of musical performances with the aim of developing the inner ear and attention capacity. Throughout this work it is explained how a continuous sensory stimulation, particularly hearing, affects the child's brain, from the scope of neurology.

Keywords: Central nervous system, neuroplasticity, auditory stimulation, childhood education, musical hearing.

## 1.- Introducción

Existen muchas investigaciones sobre el efecto que produce la música en el desarrollo integral del niño, por el hecho de desarrollar no sólo la inteligencia musical, sino también el resto de las inteligencias y otras áreas del desarrollo del ser humano (Giráldez, 1996; Casas, 2003; Díaz, 2005 y Hallam, 2010). Además, muchos autores justifican la necesidad de comenzar lo antes posible el aprendizaje musical, en concreto la percepción auditiva (Hemsey de Gainza, 1964; Akoschky, 1996; Bolduc, 2008; Trehub, 2010). Incluso, para Zoltan Kodaly, debe iniciarse desde los nueve meses antes de nacer la madre (Moreno, 2006).

Autores como Hemsey de Gainza (1964) y Trehub (2010) coinciden en la idea de que la percepción auditiva está presente en el niño desde el nacimiento. En cambio, otros aseguran que la capacidad de escucha se adquiere desde el tercer o cuarto mes de gestación (Lahoza, 2012) y otros desde el sexto o séptimo mes de gestación (Gertrudix y Gertrudix, 2011). Según Porzionato (1980), Dumauier (1982), Shetler (1989), Woodward (1992) y Lecanuet (1995) (citados en Tafuri, 2006), el oído empieza a funcionar en el feto alrededor de las 24 y 30 semanas.

Según recientes estudios en la neurociencia cognitiva (Bergado y Almaguer, 2000; Avaria, 2005; Megías, 2009, entre otros), la estimulación auditiva es crucial en los primeros seis años para el desarrollo intelectual y cognitivo, y, en cierta medida, para el desarrollo integral del niño, en general. Durante esta etapa, también conocida como “periodo crítico o sensitivo” (desde las 17 semanas de gestación hasta los 5 años aproximadamente) el cerebro abre unas ventanas cerebrales claves para aumentar la receptividad del niño y, en consecuencia, establecer las condiciones óptimas para lograr una determinada conducta (Greenough y Beth, citados en Corrales, 2000). Por lo tanto, a raíz de la neuroplasticidad cerebral infantil, a mayor estimulación, mayor será el número de conexiones neuronales y, con ello, aumentará el desarrollo de las capacidades y habilidades, fomentando así los pilares del desarrollo intelectual. En cierto modo, las redes neuronales que se establecen en la infancia son la base del cerebro adulto y de los futuros aprendizajes. Por contra, si al niño se le priva de esta estimulación, se producirá una poda sináptica desapareciendo de esta manera parte de las conexiones neuronales (sinapsis), así como aquellas neuronas que no han sido estimuladas, dando lugar a posibles dificultades para asentar nuevos aprendizajes en las posteriores etapas de desarrollo (Ginarte, 2007; Jáuregui, García, Ramos y Luquín, 2014; y Mainieri, 2015). Por consiguiente, la estimulación auditiva es crucial en estas edades, y por ello, debe ser impartida en la Educación Infantil por los tutores.

El estudio, centrado en conocer la actitud y el conocimiento que los maestros generalistas del 2º ciclo de Educación Infantil de los colegios públicos de Valencia tienen sobre la educación musical auditiva, se dividió en dos fases:

1. Fase explorativa – documental: Revisión bibliográfica y al estudio histórico sobre la importancia de la estimulación auditiva a través de las audiciones musicales en la etapa infantil, concretamente entre 3 y 6 años, desde el punto de vista académico, psicopedagógico y neurológico.
2. Fase analítica – descriptiva y evaluativa: Diseño, análisis, aplicación y evaluación de un cuestionario: Cuestionario para valorar el conocimiento y la actitud del profesorado de 2º ciclo de Educación Infantil de los colegios públicos de Valencia sobre la educación auditiva a través de las audiciones musicales.

Las aportaciones de este artículo se centran en el primer objetivo específico que se engloba dentro de la primera parte del estudio: Revisar el concepto de la estimulación auditiva en la infancia a través del desarrollo de la habilidad de discriminación auditiva y la escucha comprensiva según la neurología con el fin de conocer la importancia que tienen las audiciones musicales en la maduración del cerebro infantil.

## **2.- La importancia de la estimulación auditiva musical en la educación infantil según la neurociencia cognitiva.**

Durante la etapa infantil, los procesos de crecimiento, desarrollo, aprendizaje y madurez cerebral van unidos. Así pues, si se indaga en uno de ellos, es primordial investigar el resto. Según la neurociencia cognitiva, el impulso de dicha relación viene condicionado por la experiencia con el medio. Por consiguiente, a mayor interacción con el ambiente, mayores serán las conexiones neuronales dando lugar a nuevos aprendizajes y más memoria. Todo ello irá a la par con el crecimiento físico del niño (Ginarte, 2007).

Una vez aprendida una conducta, el niño tiende a repetirla para fortalecerla o pasa a otra nueva, ampliando así nuevas experiencias e intereses. De ahí el sentido que han cobrado los programas de estimulación temprana (Megías, 2009; Bayona, Bayona y Feon-Sarmiento, 2011 y Bond, 2012).

En el estudio de la estimulación de la percepción auditiva en la etapa infantil, es necesario aclarar cómo afecta dicha estimulación al desarrollo y a la evolución de las conexiones neuronales, relacionándolo con el proceso de aprendizaje y la memoria. Para ello, primero se hará un recorrido de cómo procesa la información el cerebro tratando las características más relevantes del sistema nervioso central en general y el cerebro infantil en particular. En segundo término se especificarán conceptos tales como el proceso de la mielinización, la sinapsis y la plasticidad neuronal.

## 2.1. El sistema nervioso central

Cuando recibe el estímulo del exterior y del interior del organismo el niño lo percibe por medio de los receptores sensitivos y lo transforma en impulsos nerviosos. Esos impulsos viajan a través de las neuronas hasta el encéfalo o la médula espinal, donde son procesados e interpretados. Finalmente, el cerebro envía una respuesta que llega a los diferentes órganos, originando así una conducta adecuada. Dicho procedimiento se lleva a cabo por el sistema nervioso central (Haines, Raila y Terrell, 2010).

Bergado y Almaguer (2000) defendieron la idea de que el sistema nervioso central es un producto que está en continuo cambio cuyo resultado nunca es el definitivo, pero es más relevante en la infancia. El organismo, concretamente el cerebro, alcanza su máxima maduración durante los 6 primeros años de vida; más aún, la masa encefálica aumenta 3'5 veces dando lugar a la transformación, multiplicación y perfeccionamiento de sus funciones neuronales. En el mismo año, Álvarez (citado en Corrales, 2000) sostiene que el crecimiento del cerebro durante el embarazo hasta los 5 años es explosivo y con velocidad decreciente:

A los doce días de fertilizado el óvulo, el cerebro ya puede reconocerse. Al nacer un bebé pesa seis o siete libras y su cerebro representa el 11% del peso total. En un adulto es sólo el 2'5%. A los cinco años el cerebro ha alcanzado el 80% de su crecimiento total. A los ocho está prácticamente concluido. Es decir, del nacimiento a los ocho años hay más crecimiento cerebral que de los ocho a los ochenta (p. 2)

Con respecto a la canalización, Gardner (1994) argumenta que el sistema nervioso crece en forma delicadamente sincronizada y programada:

Lejos de representar una reunión aleatoria o accidental, las conexiones nerviosas que se logran en realidad reflejan el más elevado grado de control bioquímico. Uno observa la sorprendente secuencia epigenética en que cada paso en el proceso establece la base de trabajo para la siguiente y facilita su desarrollo (p. 41)

Como ya se ha investigado en el campo de la neurociencia (Haines, et al., 2010), el sistema nervioso central es el responsable de todos los procesos que se generan en el cuerpo. Anatómicamente, está formado por el encéfalo y la médula espinal. A nivel microscópico, ambos órganos están formados por más de 100.000 millones de células nerviosas llamadas neuronas, siendo más de 50% destinadas al cerebro. Hay neuronas de diferentes formas y tamaños. No obstante, todas comparten características estructurales comunes. La neurona prototipo tiene tres partes (Miranda, Santín, Redolar y Valero, 2014):

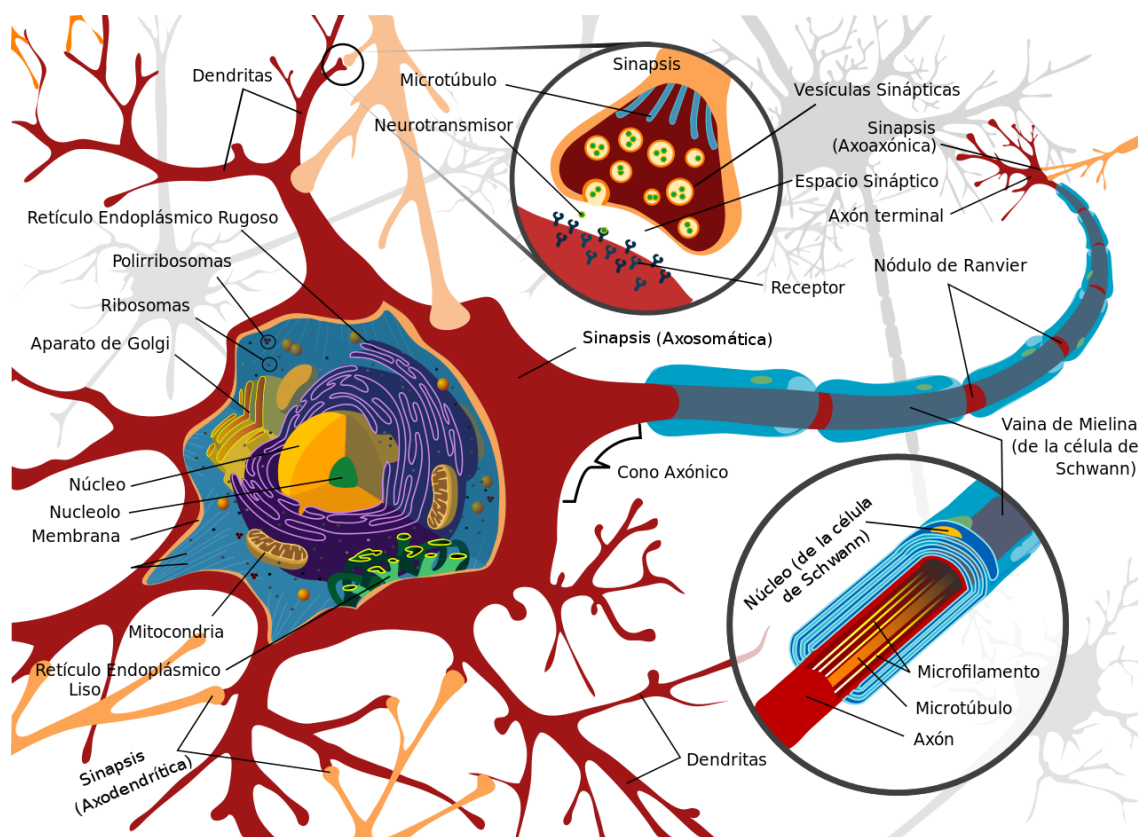


Fig. 1. Representación de una neurona con un axón mielinizado (Miranda, et al., 2014, p. 28)

- El cuerpo celular o soma (pericarion), al igual como todas las células, es la parte donde se encuentra el núcleo. Es decir, el lugar donde se produce la energía para el funcionamiento de la neurona. A diferencia del resto de las células, el núcleo no está capacitado para llevar a cabo la mitosis (división celular), incapacitando con ello su reproducción. Así pues, el número neuronas que se crean durante el embarazo es el máximo número de neuronas que puede tener la persona a lo largo de su vida; es decir, si una neurona muere o se lesiona, no puede ser reemplazada. No obstante, el cerebro infantil tiene mayores posibilidades de poder recuperar una neurona previamente lesionada que un adulto debido a su plasticidad neuronal.
- Las dendritas son las prolongaciones que salen del soma. Suelen ser muchas y ramificadas. Su principal función es recoger información proveniente de otras neuronas u órganos del cuerpo y la concentran en el soma. Así pues, si el mensaje que transmiten es intenso o repetitivo pasan al axón.
- El axón es una sola ramificación que sale del soma en dirección opuesta de las dendritas. Se encarga de transmitir el impulso nervioso del soma hacia otra neurona, músculo o glándula del cuerpo. Está recubierto por capas concéntricas de mielina (vainas de mielina). La mielina es un aislante electrónico que facilita y acelera la velocidad de transmisión del impulso nervioso. Al final de la misma se encuentran

los botones sinápticos. Dichos botones son las ramificaciones que permite que el impulso nervioso se prolongue en diferentes direcciones. En ellas, se encuentran los neurotransmisores que se encargan de pasar el impulso nervioso hacia otra neurona, glándula o músculo.

En concreto, el cerebro crea 250.000 neuronas durante el embarazo. Estas células envían impulsos eléctricos, se mueven, se comunican perfectamente y se ubican en un lugar específico. La manera de cómo se conectan da lugar a la construcción del cerebro (Corrales, 2000).

Además, las neuronas son las células más polimórficas del cuerpo y se pueden clasificar según sus características morfológicas, su localización, la sustancia transmisora que utilizan y según su función, entre otras. A grandes rasgos, se destacan tres tipos de neuronas (Miranda, et al., 2014):

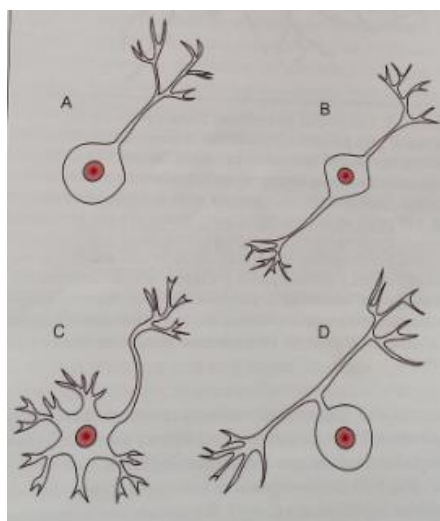


Fig. 2. Clasificación de la neurona según la polaridad (Miranda, et al., 2014, p. 31)

- La neurona sensorial primaria o unipolar (D) es la neurona más simple porque del soma sale una sola prolongación que se puede ramificar. Una de dichas ramificaciones sirve de axón y las demás funcionan como dendritas. Su función es adquirir información de receptores del sistema nervioso periférico y transformarla en corrientes eléctricas llamadas impulsos nerviosos. Dicha neurona conduce el impulso nervioso hacia la medula espinal o encéfalo y se conecta con la neurona de asociación.
- La neurona de asociación o interneuronal (C) se ubica en el interior del sistema nervioso central y actúa como intermediaria entre la neurona sensorial y motora. Recibe información que viene de las sensoriales, la analiza y elabora una respuesta que es enviada a las neuronas motoras. Morfológicamente, esta neurona es multipolar ya que de su soma surgen múltiples ramificaciones dendríticas y un axón. Según la longitud del axón, se clasifica en interneurona de proyección (Golgi

I) e interneurona local (Golgi II). La primera cuenta con axones más largos para poder transmitir las señales de una región a otra del cerebro, recorriendo distancias considerables. Mientras la segunda presenta axones más cortos y se encarga de conectar neuronas más cercanas.

- La neurona motora (B) conduce la información del sistema nervioso central hasta la periferia (músculos y glándulas). Por su morfología es una neurona bipolar porque del soma salen dos prolongaciones. Una de las prolongaciones son las dendritas (las cuales recogen la información de otras neuronas) y la otra es el axón (su función es conducir esta información en forma de impulsos nerviosos hasta los botones terminales o efectores).

Por lo tanto, la capacidad de comunicación entre las neuronas se da gracias a la generación y transmisión de señales eléctricas. Los contactos funcionales entre las neuronas se denominan sinapsis.

Cuando más conexiones neuronales se crean, mayor será la capacidad del cerebro. La creación de dichas conexiones es ilimitada (fase aditiva) durante la formación del cerebro. A partir de los 6 años estas posibilidades son infinitamente menores y casi nulas a los 10 años. Así pues, un gran aumento en el número de prolongaciones de las neuronas (dendritas) y las numerosas conexiones entre ellas a partir de la sinapsis (fase hondogénesis) se produce antes de los 6 años. Pero, a partir de los 5 hasta los 16 años, se genera una disminución y/o eliminación de las dendritas en aquellas neuronas que no han sido conectadas con otras (la poda sináptica, muerte neuronal o fase regresiva) (Poch, 2001). Por lo tanto, las conexiones que se producen en la etapa infantil algunas serán fortalecidas y otras eliminadas, dependiendo de la estimulación medioambiental que recibe el niño y la niña. Shore (1997, citado en Corrales, 2000) manifiesta:

Durante los primeros tres años de vida la mayoría de sinapsis se producen, luego se mantienen estables por un promedio de los diez años de vida. Es por eso que las experiencias en los primeros tres años de vida son cruciales si no se estimulan las neuronas tienden a ser eliminadas (p. 11)

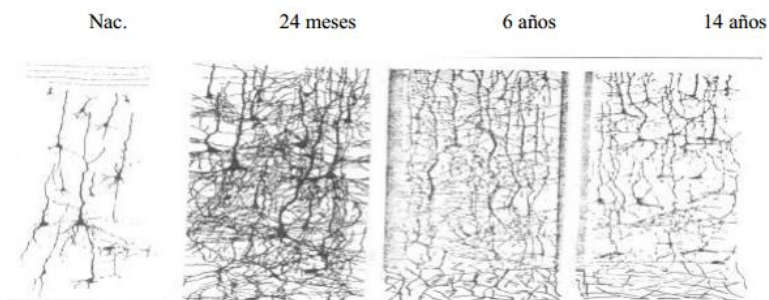


Fig. 3. Densidad sináptica por Chugani (citado en Corrales, 2000, p. 11)

Según Avaria (2005), una vez pasado el periodo de formación cerebral, el niño aprende nuevas habilidades en base a las conexiones neuronales ya establecidas. La progresiva adquisición de estas habilidades durante y después de la formación cerebral es conocida como desarrollo, es decir la consecuencia de procesos cerebrales definidos genéticamente en interacción permanente con el ambiente. La estimulación en edades tempranas es de suma importancia, ya que en este periodo se originan las conexiones neuronales (redes neuronales) esenciales para las posteriores etapas de desarrollo.

En consecuencia, cada neurona establece cientos o miles de conexiones con otras neuronas y envía continuamente información basadas en las numerosas señales que recibe con el fin de producir una conducta, siendo más importante la cantidad de conexiones neuronales que se producen que el número de neuronas que se posee.

Se calcula que el número de estas conexiones entre las neuronas del cerebro humano oscila entre  $10^{14}$  y  $10^{15}$ . Cada neurona establece 10.000 sinapsis con otras neuronas del sistema nervioso, formando así la red neuronal. El cerebro humano es capaz no sólo de dirigir el movimiento del cuerpo y de percibir el entorno, sino también de pensar, razonar, sentir emociones y soñar (Haines, et al., 2010). Pero cuando el niño es estimulado ¿qué es lo que ocurre en las neuronas? Y ¿cuál es la diferencia entre un cerebro estimulado y un cerebro que no la ha recibido? Según la neurociencia, la estimulación del cerebro se nota en la vaina de mielina que disponen las neuronas.

Desde un punto de vista ya más referido al contenido, Poch (2001) explica detalladamente qué se entiende por mielina y cuál es su función en el sistema nervioso. La mielina es una sustancia lipídica de color blanquecina que se forma alrededor del axón. Su función es acelerar y facilitar la transmisión de impulsos nerviosos de unas neuronas a otras. En otras palabras, a mayor mielinización, mayor es la velocidad de transmisión de los impulsos nerviosos de unas neuronas a otras y, en consecuencia, mayores son las conexiones neuronales que se pueden formar. Todo ello dependiendo de la estimulación que recibe el niño del entorno.

Para Avaria (2005), el proceso de mielinización es un hecho post natal que ocurre en ciclos y sigue una secuencia ordenada predeterminada. Además, esta autora asegura que hay alteraciones de mielina asociados al retardo del desarrollo detectadas a partir de la técnica MRDTI (Magnetic Resonance Difussion Tensor Imaging). Esta idea ya fue respaldada en 1967 por Yacovlev y en 1983 por Gilles (citados en Poch, 2001) quienes aseguran que el proceso de mielinización se inicia en momentos distintos por poseer un ritmo y una duración variable para cada región del sistema nervioso y es acelerado según la edad de la persona. Si el cerebro es estimulado desde el nacimiento hasta los 6 años se consigue un 80% de mielinización, pasando por un 10% de los 6 hasta los 30 años, seguido del 10% restante a partir de los 30 años.

Estos autores, Yacovlev y Gilles (citados en Poch, 2001) argumentan que el sistema nervioso periférico mieliniza antes las vías motoras que las sensoriales, pero ocurre al contrario en el sistema nervioso central. Este hecho explica el por qué el niño es capaz de oír y ver mucho antes de gatear o andar. Las áreas de asociación son las más tardías en



mielinizarse y continúan el proceso durante los dos años. Esto demuestra cómo el desarrollo no se puede alterar, aunque el sistema nervioso reciba una excesiva estimulación.

Otro aspecto a tener en cuenta es la genética. Waddington (citado en Gardner, 2001) definió el concepto de canalización genética como la capacidad que posee cualquier organismo (como el sistema nervioso) para producir el mismo fenotipo, en vez de otros, en varios medios distintos. De esta manera las sinapsis se producen genéticamente haciendo posible la prolongación de la especie.

Siguiendo con el mismo argumento, Begley (1996, citado en Corrales, 2000) considera que durante el embarazo hay neuronas conectadas genéticamente con el fin de controlar aspectos esenciales para la supervivencia de la especie (la respiración, la temperatura corporal, el funcionamiento de los órganos vitales, etc.) y otras esperan ser conectadas a lo largo de la etapa infantil. Así pues, dependiendo de las experiencias con el entorno y la estimulación recibida a lo largo de la infancia, determinarán qué células se conectarán para crear nuevas conexiones neuronales o fortalecer otras ya formadas, y cuáles se morirán por no ser utilizadas, es decir, estimuladas. Este autor concluye que el desarrollo del sistema y la madurez cerebral vienen condicionados genéticamente y por la estimulación recibida en el ambiente.

Según Jáuregui, *et al.*, (2014), mientras el cerebro está en formación, las posibilidades de conexiones son casi ilimitadas, siempre y cuando haya una óptima estimulación ya que el proceso de mielinización se acelera y aumenta. A mayor estimulación temprana, más conexiones neuronales se producen y, por consiguiente, mayor será la capacidad del cerebro. Para Ginarte (2007), los cambios que se desarrollan en el sistema nervioso a partir de la genética y el contacto con el ambiente son debidos a la plasticidad neuronal.

La neuroplasticidad está íntegramente relacionada con la modificación de las sinapsis y con otros procedimientos neurobiológicos como son la proliferación dendrítica, la modificación de los canales iónicos y el desarrollo de la mielinización. Todo ello da lugar a cambios en el desarrollo cerebral (Megías, 2009).

## 2.2. El cerebro infantil

En un principio, Ramon y Cajal postuló en 1913 que el cerebro cambia continuamente dando lugar a la adquisición y la eliminación de datos de manera continua a lo largo de la vida (Bayona *et al.*, 2011). Más tarde, Gollin (1981) definió neuroplasticidad como el potencial para el cambio, es decir, la capacidad de modificar nuestra conducta y adaptarse a las demandas de un contexto particular. A su vez, Kaplan en 1983 la describe como la habilidad para modificar patrones conductuales y sistemas orgánicos (citados en López, 2011 y en Ginarte, 2007).

Para Álvares (1998), la plasticidad cerebral, en edades tempranas, está determinada por la ausencia de comportamientos (voluntarios) predeterminados al nacer y las

capacidades innatas para aprender, factores que dependen de la estimulación que recibe el niño en edades tempranas. Este aspecto es crucial en poblaciones de alto riesgo biológico y social, así como en niños y niñas con algún grado de discapacidad.

La Organización Mundial de la Salud (Mora, 1994) define plasticidad neuronal a la capacidad que tienen las células que conforman el sistema nervioso para reconstruirse de forma anatómica y funcional, después de ciertas patologías, enfermedades o incluso traumatismos. Así pues, de la misma manera que se habla de rehabilitación, también se habla de estimulación para facilitar o acelerar aprendizajes, ya que la plasticidad es la capacidad del cerebro para modificarse a sí mismo como resultado de la experiencia y del aprendizaje de nuevas habilidades. En uno de los apartados de su artículo, Poch (2001) escribe: “los mecanismos de neuroplasticidad son múltiples, desde modificaciones morfológicas extensas como la regeneración de axones, la formación de nuevas sinapsis, hasta sutiles cambios moleculares que alteran la respuesta a las sustancias transmisoras” (p. 91).

Se ha demostrado en numerosos estudios neurológicos (citados en Megías, 2009) que el metabolismo cerebral en la infancia es mucho más activo que en la edad adulta, puesto que el cerebro infantil utiliza el 60% del oxígeno, en cambio el adulto sólo utiliza el 20% de la energía total. Esto da lugar a que la mayoría de sinapsis se forman a partir del nacimiento.

En 1992, Chugani (citado en Megías, 2009) afirma que mediante las pruebas de neuroimagen funcional<sup>1</sup> se ha podido demostrar que el metabolismo cerebral del recién nacido es más activo en la corteza primaria, el tálamo, el tronco cerebral y el vermis cerebeloso. En cambio, durante los 2 primeros meses de vida, el metabolismo frontal es muy bajo y sólo se incrementa a partir de los 8 y 12 meses. Sin embargo, se iguala al del adulto en el segundo año de vida y lo supera entre los 3 y los 9 años. A partir de esta edad, tanto el metabolismo frontal como el del cerebro en su conjunto, se estabilizan hasta la adolescencia, momento en el que definitivamente se mantiene en niveles similares a los de un adulto.

Además, se ha demostrado que se produce un aumento de la corteza cerebral cuando el organismo recibe estímulos continuados. Según Mainieri (2015), fue descubierto por el psicólogo Rosenzweig y un grupo de colegas de la Universidad de California en Berkeley, a partir de diversos estudios con roedores a principios de los años 60. Su investigación consistió en estimular a un grupo de roedores con el fin de compararlo con otro que no recibió estímulo alguno. Al cabo de 80 días del experimento se observó que las ratas con estimulación, además de desempeñar mejor las tareas conductuales, disponían de una corteza cerebral de 4% más que las ratas empobrecidas. Mora (1994) concluye que todas estas consideraciones guardan una estrecha relación con la plasticidad cerebral, que puede ser definida como el “conjunto de modificaciones producidas en el sistema nervioso como resultado de la experiencia (aprendizaje)” (p. 116).

---

<sup>1</sup> Una de las pruebas utilizadas fue la Tomografía por Emisión de Positrones (PET).

El mayor periodo de plasticidad del cerebro se corresponde a la etapa infantil (de 0 a 6 años), pero más aún en los 3 primeros años por tener un metabolismo cerebral más activo. Los niños a tales edades tienen una mayor facilidad de recuperar las funciones cerebrales después de sufrir alguna lesión en comparación a los adultos. Además, el desarrollo cognitivo es más significativo tras una estimulación específica, de ahí el sentido que han cobrado los programas de estimulación temprana.

Jáuregui, *et al.* (2014) describen la plasticidad como una de las características distintivas del sistema nervioso, lejos de considerarse un sistema estático de elementos interconectados como antiguamente se creyó. El sistema nervioso es un órgano dinámico, que se desarrolla y cambia continuamente en respuesta a los programas genéticos y a la interacción con el ambiente. Concretamente, Seashore (1990, citado en Álvares, 1998) investigó la manera de cómo las influencias del entorno podían mejorar la capacidad de discriminación de alturas en los niños en la etapa escolar.

La neurociencia cognitiva afirma que la plasticidad del sistema nervioso es inversamente proporcional a la edad del sujeto, debido a que el cerebro está en pleno auge de crecimiento y de organización cerebral a edades tempranas (Gardner, 2001). Además, a lo largo de la infancia existen periodos críticos o sensitivos, es decir, momentos en los que el niño y la niña deben disponer de ciertas experiencias a fin de que se produzca un desarrollo de las conexiones y creación de sinapsis. Por contra, si no se producen este tipo de conexiones a través de la estimulación precoz, desaparecerán y luego es más difícil de que se den (Hugo, 1902, citado en Tafuri, 2006). Según Antoranz y Villalba (2010), si no se aprenden determinadas destrezas o habilidades durante este periodo, serán difíciles de adquirir a lo largo de la vida, y si se aprenden, se alcanzarán con peor dominio.

Avaria (2005) define como periodos críticos o periodos sensibles a momentos existentes determinados en la maduración del sistema nervioso en los cuales se establecen las óptimas condiciones para lograr una determinada función. Esta autora argumenta: “si las estructuras relacionadas a una función se mantienen privadas de las influencias ambientales necesarias para su desarrollo, esta función no se logra en la forma adecuada, incluso si estas influencias logran ejercer su acción en un periodo posterior” (p. 40). Por ejemplo, en el caso del lenguaje, ¿por qué se aprende más rápidamente una lengua en edades tempranas que en la etapa adulta?

Avaria (2005) asegura que el aprendizaje de un idioma extranjero, como segunda lengua materna, es posible sólo hasta antes de la pubertad (periodo ventana). Posteriormente, el aprendizaje es viable pero con errores gramaticales y dificultad en el acento. Kim, *et al.* (1997, citados en Avaria, 2005) han descubierto, a través de las exploraciones con PET, que si un niño crece aprendiendo dos idiomas, toda la actividad lingüística se ubica en una misma área del cerebro. Mientras los niños que aprenden el segundo idioma más tardíamente muestran dos focos de actividad.

En 1996, Greenough y Beth (citados en Corrales, 2000) publicaron un artículo en el que describían el periodo crítico o sensible del cerebro infantil. Estos autores descubrieron que la franja límite de dicho periodo es desde las 17 semanas de gestación

hasta los 5 años. Durante este tiempo es cuando el cerebro infantil abre unas ventanas cerebrales claves para aumentar la receptividad del niño. Un año más tarde, Rima expone en su libro *Rethinking King The Brain* (citado en Corrales, 2000) que el desarrollo del cerebro, las conexiones neuronales y las capacidades en la adultez son decisivas según las experiencias en la infancia.

Martínez (2012) remarca la importancia de la constante estimulación temprana para asentar las conexiones neuronales, ya que es en esta etapa cuando hay una mayor plasticidad cerebral. Además, sostiene que a mayor estimulación, mayor será el número de conexiones neuronales y, en consecuencia, aumentará el desarrollo de las capacidades y habilidades, fomentando así los pilares del desarrollo intelectual. Así pues, las redes neuronales que se establecen en la infancia son la base del cerebro adulto. De igual forma, Purves (citado en Regidor, 2003) expresa: “si se toman en consideración los periodos de crecimiento cerebral intenso, se deduce con toda claridad que es, en ese momento, cuando hay que estimular al niño para procurarle un desarrollo intelectual máximo” (p. 25).

Este hecho hizo acrecentar la importancia de la estimulación temprana. Uno de los programas de estimulación que ha recibido mayor atención fue el Efecto Mozart (Corrales, 2000). Este método aseguraba efectos positivos en las habilidades cognitivas, garantizando un mejor desempeño general de la persona en todas las tareas. Sin embargo, en 1995, Rauscher y Shaw (citados en Avaria, 2005) apuntan: “existe una mejoría específica en las habilidades visioespaciales después de escuchar a Mozart, pero tiene una corta duración y desaparición después de algunos minutos (entre 10 y 15 minutos aproximadamente)” (p. 40).

Según Corrales (2000), uno de los programas con más renombre en Norteamérica es el programa *Head Start* dirigido por el pediatra Cooke y el psicólogo Zigles desde 1965. Este programa tiene como fin acrecentar los coeficientes intelectuales de los niños y las niñas en la etapa infantil por medio de la realización de determinadas actividades en diferentes áreas. Una de las actividades a realizar es escuchar música selecta. No obstante, después de los tres años parecía que olvidaban toda esa estimulación. Muchos analistas investigaron el defecto del programa. Ramey (citado en Corrales, 2000), por ejemplo, apunta: “lo importante era el momento en que se estimulaba a los infantes, y no dejar de hacerlo cuando se crea que se ha encontrado el camino correcto” (p. 8). En base a estos hallazgos, lanzó el proyecto *Abecedarian* en 1972 dirigido a niños y niñas de familias pobres entre los 4 meses y 8 años. Este proyecto consistía en un estudio longitudinal donde se media el desarrollo intelectual de dos grupos de niños, los cuales se diferenciaban por el momento que recibieron la estimulación. Los resultados de este estudio fueron que los niños con las más altas calificaciones en edad escolar eran aquellos que fueron estimulados, ininterrumpidamente desde bebés, en contra de aquellos que la tuvieron a los 5 años y, aún más de aquellos que no gozaron de ésta. Tras los anteriores resultados, Corrales (2000) se cuestiona:

Si las ventanas cerebrales se cierran antes de finalizar la primaria, ¿qué sucede con los niños y niñas que no han sido estimulados adecuadamente? De acuerdo con dichos estudios el cerebro retiene la habilidad de aprender con el transcurrir de la vida. Si los circuitos neuronales no son estimulados en la etapa preescolar, jamás van a ser lo que pudieron haber sido (p. 9).

Respecto a la educación auditiva, Budelli, Migliaro y Redolar (2014) sostienen que hay una mayor activación cerebral en la edad adulta cuando se escuchan sonidos conocidos que cuando se escuchan sonidos de otro lenguaje desconocido. En consecuencia, se destaca un deterioro de la capacidad auditiva a medida que el niño se va adentrando a su cultura. Este punto de vista es respaldado por Trehub (2013a).

Esta autora (2013) comprobó, tras exhaustivas investigaciones, que los bebés manifiestan una gran motivación por escuchar nada más nacer, por ser una etapa plenamente receptiva. Ellos no tienen una preferencia estética por un tipo de música en concreto, ya que presentan atención a todas por igual. Incluso, a pesar de tener una capacidad auditiva menor que los adultos, demuestran una mayor habilidad en detectar variaciones de tono y de ritmo de una melodía ajena a su contexto cultural. No obstante, hay una mayor facilidad de percibir tales cambios en la música consonante que en la disonante porque les es más fácil de recordar. Esta visión también es apoyada por Zenatti (1969, citado en Álvares, 1998). Trehub (2013b) argumenta que los bebés a partir de los 6 meses tienen mucha más memoria por retener nuevos ritmos y melodías provenientes de distintas culturas y al año participan en las canciones, así como también tienden a moverse al ritmo de la música.

Además, se ha detectado que las personas que han sido estimuladas desde edades tempranas a nivel auditivo con el fin de perfeccionar su entonación, tienen una región análogamente más grande de células en la corteza auditiva (Gardner, 1994).

Así pues, una de las actividades para la estimulación temprana es la percepción auditiva, en concreto el desarrollo del oído interno, por ser el encargado de codificar la señal acústica en impulsos neuronales que el cerebro interpreta a través de las células ciliadas (Budelli, *et al.*, 2014). Por lo tanto, la audición musical es uno de los recursos didácticos más significativos para la intervención educativa, ya que todo desarrollo a partir de la música tiene su aspecto auditivo. Las siguientes imágenes hacen referencia a la anatomía del oído, en concreto el oído interno (Haines, *et al.*, 2010):

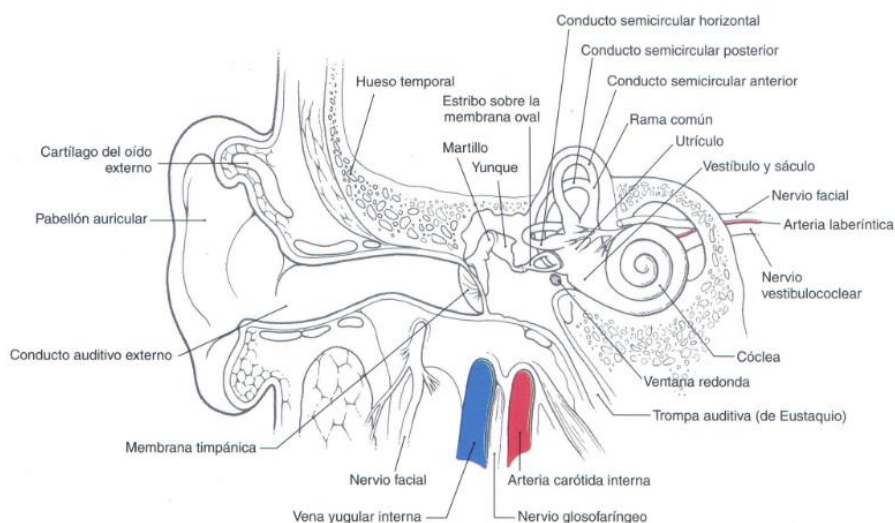


Fig. 4. Corte transversal del oído externo, medio e interno (Haines et al., 2010, p. 342)

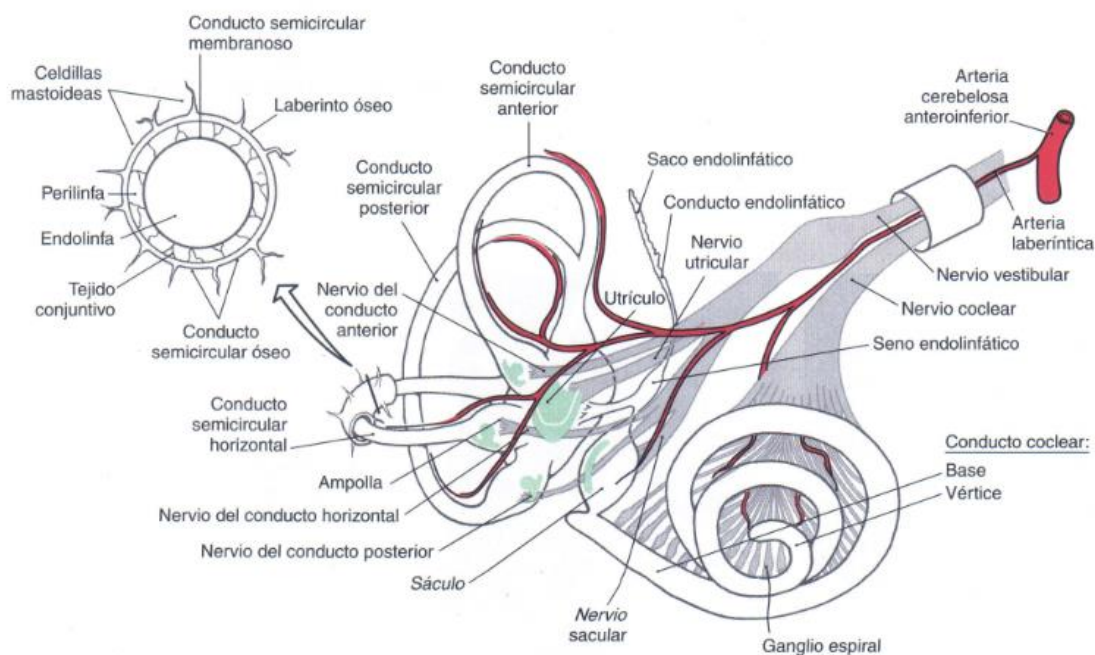


Fig 5. Laberinto membranoso y vasos y nervios asociados a él (Haines, et al., 2010, p. 343)

El oído interno está formado por la ventana oval, el vestíbulo, los canales semicirculares, el caracol y la ventana redonda. En su interior tiene dos tipos de líquidos que bañan todo el oído interno y se aloja en una cavidad ósea muy sólida del cráneo. Estos líquidos, bajo la influencia de las vibraciones sonoras, realizan un movimiento de vaivén desde la ventana oval hasta la ventada redonda, que afecta entre otras, a las fibras de Corti. Éstas transmiten, bajo la forma de variaciones eléctricas, el mensaje sensorial al cerebro. Estas fibras, que son aproximadamente 3000, permiten percibir las cualidades del sonido (Willems, 1983).

Según Willems (1983), el oído interno puede ser desarrollado por medio de las audiciones musicales:

Con frecuencia se ha hecho una pregunta importante desde el punto de vista pedagógico: ¿puede desarrollarse el oído? Es probable que el órgano del oído, como elemento físico, no pueda sufrir cambios, especialmente en las partes sólidas, tales como los huesos. Las partes más maleables, como los músculos, pueden flexibilizarse, lo que permite que el oído mejore por medio del ejercicio. En cuando a los nervios que ligan el oído con el cerebro, es probable que la práctica auditiva aumente sus posibilidades. Pero el oído musical no es tan sólo un órgano sensorial, también comprende una actividad afectiva y mental, de naturaleza más sutil, más flexible y más susceptible de transformarse con miras de progreso (p. 54).

Además, este autor (1983) asegura que “mediante la educación podemos despertar, dirigir, desarrollar el funcionamiento del órgano, el oído y esto tiene tanta importancia que, si se le deja por su cuenta, el oído corre el riesgo de atrofiarse” (p. 51).

Para Segarra (citado en Miranda, 2003), la educación del oído interno es uno de los objetivos principales de la educación auditiva. Considera que el desarrollo del oído interno es la facultad de imaginarse y de representar las relaciones y las impresiones sonoras. Por lo tanto, en el momento de hacer una lectura o una creación musical es el cerebro el responsable de descodificar y amplificar el hecho sonoro.

Por consiguiente, ¿cómo procesa la información musical el cerebro?, ¿cuáles son los mecanismos cerebrales que actúan cuando se escucha la música?, y ¿solamente se activan los procesos perceptivos o también los motores?

### **2.3. El procesamiento de la información musical por medio de la estimulación auditiva**

Según Budelli *et al.* (2014), la música es una actividad humana natural que constituye una de las demandas cognitivas más complejas que la mente humana puede llevar a cabo, incluso mayores que el lenguaje. Las interacciones entre el sistema auditivo y el motor son de especial interés en la música. Un músico, cuando toca un instrumento, produce un conjunto de cambios sensoriomotores importantes, dando lugar a cambios en la reorganización de los mapas corticales.

La música, al contrario que otras actividades sensoriomotoras, requiere control motor en la precisa ejecución de los movimientos para tocar el instrumento, como mínimo necesita tres sistemas básicos de control motor: la temporalización o cronometraje, la secuenciación y la organización espacial del movimiento. Estos tres sistemas se activan para originar un sonido. Éste, una vez producido, se registra en la corteza auditiva con el fin de ser analizado por el cerebro. A su vez, el cerebro ajusta las órdenes motoras precisas a los músculos encargados de hacer sonar el instrumento, para producir el siguiente sonido deseado. Todo ello hace que haya una interacción entre el sistema motor y el auditivo, dando lugar a unos cambios sensoriomotores importantes a lo largo de la

práctica musical. Pero, ¿es necesaria la presencia de los dos para activarlos? Según la neurociencia cognitiva, no:

Hoy en día se cree que las señales que se producen en la corteza motora puede influir en la información que se procesa en la corteza auditiva, incluso en ausencia del sonido, o antes de que éste tenga lugar. Además, se cree que las representaciones motoras se pueden activar, incluso, en ausencia de movimiento, al escuchar el sonido (Budelli, *et al.*, 2014, p. 307).

En el estudio de la percepción auditiva, sería conveniente analizar detenidamente cómo procesa la información el músico, sin la práctica musical de su instrumento. Según Budelli, *et al.* (2014), diferentes estudios han mostrado que la altura, el ritmo, la intensidad y el timbre son percibidas por el cerebro de forma separada. No obstante, todas interactúan para crear una percepción musical. Estos autores proporcionan un análisis en profundidad sobre el oído interno y qué parte del cerebro recibe y codifica los diferentes parámetros musicales:

- La intensidad es percibida a través de los axones del nervio coclear los cuales parecen informar al cerebro sobre el volumen de un estímulo alterando su tasa de disparo neuronal.
- La altura se percibe dependiendo del tipo de neuronas que se activan, es decir, los sonidos de alta frecuencia flexionan la base de la membrana basilar (cerca de la membrana oval), mientras que los sonidos de baja frecuencia generan la flexión del ápex (en el extremo opuesto).
- El ritmo de la música, es decir la combinación de diferentes duraciones de sonido fácilmente perceptibles y agrupables, está íntimamente relacionado con el procesamiento temporal de la señales. Es fundamental para percibir un sonido, el orden temporal en que se presente. Según la neuroimagen, el ritmo implicaría a diferentes estructuras como los ganglios basales, el cerebelo, la corteza premotora dorsal y el área motora suplementaria.
- Según Demany, Mckenzie y Vurpillo (1977, citados en Tafuri, 2006) los bebés de 2 meses consiguen organizar perceptiblemente los sonidos en módulos rítmicos. Los bebés a los 7 y 9 meses están preparados para percibir y discriminar cambios en la estructura rítmica.
- El timbre se percibe a través de distintas peculiaridades que define el sonido de un instrumento o el reconocimiento de las voces, por ejemplo: las intensidades relativas de los distintos armónicos, la cantidad y el tipo de ruido que produce el instrumento y la variación temporal de amplitud del sonido, así como el ataque del sonido.



- La armonía está ligada al nivel cortical, que es el encargado de controlar las actividades más intelectuales.
- La ubicación de la fuente sonora también es un aspecto a tener en cuenta para la discriminación de los sonidos. Dependiendo del lugar donde se encuentre el sonido, la respuesta de ambos oídos será diferente. Se percibe por la diferencia temporal o de intensidad entre la respuesta de ambos oídos al sonido producido por una fuente. Además, el cerebro puede calcular la distancia a la que se encuentra la fuente sonora con precisión, por medio del retraso de los ecos con respecto al sonido original. Así pues, las neuronas que se activan para reconocer la ubicación de la fuente sonora son las neuronas bipolares que se encuentran en la oliva media superior. El sonido se encuentra en un lado u otro dependiendo de cuál es el potencial de acción del hemicampo auditivo que llega antes al núcleo oliva media superior.

Por lo tanto, en el ámbito de la percepción auditiva, un sonido es reconocido cuando se discrimina otro, ya que si no existe una referencia difícilmente se puede crear conocimiento. Es necesario desarrollar la habilidad de discriminación auditiva a partir de la escucha atenta y comprensiva de las audiciones musicales para desarrollar el oído interno y la atención sostenida en edades tempranas.

Desde 1915 hasta la actualidad se han diseñado tests (Seashore, Révész, Mursell, Wing, Bentley, Gaston, Gordon, Colwell, entre otros, citados en Trallero, 2008) sobre el análisis del talento musical en la etapa primaria. Todos coinciden en el mismo objetivo, medir la percepción auditiva a través de la discriminación auditiva. Pero, hay escasos test orientados hacia la estimulación auditiva en edades tempranas a partir de la discriminación auditiva. Una de las investigaciones pioneras en la percepción musical en infantil fue la de Zenatti (1991). Uno de los estudios de este autor fue en 1967 cuando se planteó explicar el desarrollo de la inteligencia musical de la etapa preoperatoria comparándolo con la teoría de Piaget. Argumentó que:

La adquisición del sentido del intervalo constituye el primer estadio. Se manifiesta, en el plano perceptivo, por el reconocimiento de una melodía, generalmente de una canción infantil. El estadio alcanza su punto de equilibrio cuando el niño tiene la imagen mental de dicha canción y es capaz de cantarla o tocarla con un instrumento musical. Esto es una manifestación de la actividad psicológica de imitación diferida. La imitación vocal puede aparecer hacia la edad de 15 años, la instrumental hacia los dos años y medio o tres. La actividad operativa depende aquí muy estrechamente de los datos perceptivos, puesto que consiste en la reproducción de dichos datos (Zenatti, 1991, p. 63).

Tomatis (citado en Trallero, 2008) sostiene la idea de que la estimulación auditiva es primordial para la madurez del cerebro, expone que “el oído se puede comparar con una dinamo que transforma las estimulaciones que recibe en energía neurológica encauzada a alimentar el cerebro” (p. 5).

Tomatis (1969) en su método para mejorar la atención, la concentración, la memoria, el aprendizaje y el aumento de los periodos de tiempo de trabajo, argumenta que la estimulación del cerebro a través del oído es mayor cuando se perciben frecuencias armónicas altas que bajas. Las obras musicales elegidas para sus terapias fueron las de Mozart, especialmente aquellas tocadas por violines y flautas.

Para Trallero (2008), escuchar música en la etapa infantil es esencial porque “la música prepara el oído, la voz y el cuerpo del niño a escuchar, integrar y emitir sonidos del lenguaje” (p. 10). Según Tomatis (1969), la voz contiene solamente aquellos sonidos que el oído percibe. Regidor (2003) marca la importancia de la estimulación auditiva en edades tempranas para asentar mecanismos y técnicas de atención que evitarán el fracaso escolar en el futuro académico del niño. Este autor argumenta que para tener una óptima concentración es necesaria una adecuada estimulación auditiva.

Regidor (2003) argumenta la necesidad de estimular los dos hemisferios cerebrales. El niño de 0 a 6 años aún no tiene definido cual es el hemisferio dominante. De esta manera se mantiene y se crean nuevas conexiones entre ambas partes del cerebro conectadas con millones de fibras nerviosas. Se estará más cerca de la capacidad potencial máxima del niño y, en consecuencia, se acelerará el proceso de aprendizaje. Además, dicha estimulación será óptima en el aprendizaje de idiomas en el futuro.

### 3. Conclusiones

Las principales conclusiones de la segunda parte del Marco Teórico extraído de la investigación sobre la estimulación auditiva en 2º ciclo de Educación Infantil de los colegios públicos de Valencia a partir de la discriminación auditiva y la escucha comprensiva de las audiciones musicales para desarrollar el oído interno y la capacidad atencional hace referencia a cómo afecta dicha estimulación a la maduración del cerebro infantil.

Nada más nacer el cerebro ha creado 250.000 neuronas, con las suficientes sinapsis para la supervivencia de la especie (Begley, citado en Corrales, 2000; Waddington, citado en Gardner, 2001). El resto de las neuronas están preparadas para ser estimuladas, con el fin de incrementar el proceso de mielinización y, en consecuencia, acelerar la formación de nuevas conexiones neuronales. Estas redes neuronales dependen de las experiencias que el niño tenga con el entorno a lo largo de su infancia (Yacovlev y Gilles, citados en Poch, 2001; Avaria, 2005; Jáuregui *et al.*, 2014, entre otros). Así pues, todos los cambios que se producen en el sistema nervioso a partir de la genética y la interacción con el ambiente son debidos a la neuroplasticidad que el cerebro tiene durante su etapa de crecimiento (Gollin, 1981; Mora, 1994; Gardner, 2001; Kaplan, citado en Ginarte, 2007 y en López, 2011; Megías, 2009; Mainieri, 2015, entre otros).

Esta idea también es apoyada por varios autores (Greenough y Beth, citados en Corrales, 2000; Avaria, 2005) quienes argumentan que durante la etapa de Infantil, el cerebro abre unas ventanas óptimas para aumentar la receptividad del niño, momento conocido como periodo crítico o sensible. Durante esta etapa las dendritas de las neuronas

aumentan, así como sus prolongaciones para facilitar mejor las conexiones entre las neuronas. Sin embargo, pasado este tiempo, el cual coincide con la entrada a la etapa de Primaria, dichas ventanas se van cerrando paulatinamente creando una disminución y/o eliminación de las dendritas de las neuronas que no han sido estimuladas, causando así la poda sináptica (Poch, 2001). Por lo tanto, finalizado el periodo de la formación cerebral, el niño aprenderá nuevas habilidades y adquirirá nuevos aprendizajes en base a las conexiones neuronales ya establecidas (Purves, citado en Regidor, 2003; Avaria, 2005; Martínez, 2012, entre otros).

Por lo tanto, teniendo en cuenta la perspectiva de la neurociencia cognitiva, es recomendable que el niño de 2º ciclo de infantil (etapa que engloba esta investigación) reciba la estimulación auditiva necesaria a través de la discriminación auditiva y la escucha comprensiva de las audiciones musicales con el fin de crear las máximas conexiones neuronales posibles.

## BIBLIOGRAFÍA

- AKOSCHKY, J. (1996). “La audición sonora y musical en la Educación Infantil”. *Eufonía: Didáctica de la música*, (4), 97-104.
- ÁLVARES, D. (1998): *La percepción musical, en escolares: Relaciones con la psicología cognitiva-evolutiva y la pedagogía musical*. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid.
- ANTORANZ, E. Y VILLALBA, J. (2010). *El desarrollo cognitivo y motor*. Madrid: Editex.
- AVARIA, M. A. (2005). “Aspectos biológicos del desarrollo psicomotor”. *Revista Pediatría electrónica*, 2 (1), 36-46.
- BAYONA, J., BAYONA, E. Y FEON-SARMIENTO, L. (2011). “Neuroplasticidad, Neuromodulación y Neurorehabilitación: Tres conceptos distintos y un solo fin verdadero”. *Revista Salud Uninorte*, 27 (1), 95 – 107.
- BERGADO, J. A. Y ALMAGUER, W. (2000). Mecanismos celulares de la neuroplasticidad. *Revista Neurología*, 31 (11), 1075-1095.
- BOLDUC, J. (2008). “The effects of music instruction on emergent literacy capacities among preschool children: A literature review”. *Early Childhood Research and Practice*, 10 (1). Disponible en <http://ecrp.uiuc.edu/v10n1/bolduc.html> (Consultado el 25 de febrero de 2014)
- BOND, V. L. (2012). “Music's representation in early childhood education journals: A literature review”. *Update: Applications of Research in Music Education*, 31 (1), 34 – 43.

- BUDELLI, R., MIGLIARO, A. Y REDOLAR, D. (2014). Percepción musical. En D. REDOLAR (ed.), *Neurociencia cognitiva* (pp. 287-307). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- CASAS, M. V (2003). “¿Por qué los niños deben aprender música?” *Colombia Medica*, 32 (4), 197-204.
- CORRALES, G. (2000). *Exploremos el cerebro infantil la conformación de los circuitos neuronales momentos críticos*. Comunicación presentada al Congreso Mundial de Lecto-escritura, Valencia.  
Disponible en <http://www.waece.org/biblioteca/pdfs/d137.pdf> (Consultado el 11 de agosto de 2014).
- DÍAZ, M. (2005). “La Educación Musical en la Escuela y el Espacio Europeo de Educación Superior”. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19 (1), 23-57.
- GARDNER, H. (1994). *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. México: Fondo de cultura económica.
- GARDNER, H. (2001). *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. Colombia: Fondo de cultura económica.
- GERTRUDIX, F. Y GERTRUDIX, M. (2011). *Percepción y expresión musical: un modelo de planificación didáctica en el Grado de Magisterio de Ed. Infantil de la UCLM para la enseñanza de la música*. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla – La Mancha.
- GIRÁLDEZ, A. (1996). “Relaciones entre la música y otras áreas en educación infantil y primaria”. *Aula de innovación educativa*, (55), 9-14.
- GINARTE, Y. (2007). “La neuroplasticidad como base biológica de la rehabilitación cognitiva”. *Geroinfo. Rnps*, 2 (1), 1-15.
- GOLLIN, E. (1981). “Development and Plasticity”. En E. GOLLIN (ed.), *Development Plasticity: Behavioral and Biological Aspects of Variations in Development* (pp. 231-249). Nueva York: Academic Press.
- HAINES, D. E., RAILA, F. A. Y TERRELL, A. C. (2010). “Introducción a la estructura del sistema nervioso central y a la neuroimagen” en D. E. HAINES (ed.), *Principios de neurociencia* (pp. 4-14). Barcelona: Elsevier España.
- HALLAM, S. (2010). “The power of music: Its impact on the intellectual, social and personal development of children and young people”. *International Journal of Music Education*. 28 (3), 269-289.
- HEMSY DE GAINZA, V. (1964). *La iniciación musical del niño*. Buenos Aires: Ricordi Americana.

- JÁUREGUI, F., GARCÍA, J., RAMOS, R. Y LUQUÍN, S. (2014). “Mecanismos celulares y moleculares de la plasticidad cerebral y la cognición” en D. REDOLAR (ed.), *Neurociencia cognitiva* (pp. 163-178). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- LAHOZA, L. I. (2012). “La audición musical en los niños”. *Revista Arista Digital*, 25 (26), 1-6.
- LÓPEZ, M. (2011). “Memoria de trabajo y aprendizaje: aportes de la neuropsicología”. *Cuadernos de neuropsicología*, 5 (1), 25-47.
- MAINIERI, A. M. (2015). “Conocimientos teóricos y estrategias metodológicas que emplean docentes de primer ciclo en la estimulación de las inteligencias múltiples”. *Revista de Actualidades Investigativas en Educación*, 15 (1), 1-39.
- MARTÍNEZ, F. (2012). *Enfoques Teóricos de la Estimulación e Intervención Temprana como aspecto fundamental del desarrollo*. Comunicación presentada al X Congreso Colombiano y VI Iberoamericano de Neuropedagogía y Neuropsicología, Colombia.  
Disponible en <http://es.scribd.com/doc/132261272/Enfoques-Teoricos-de-La-Estimulacion-e-Intervencion-Temprana-FRANKLIN-MARTINEZ-MENDOZA#scribd> (Consultado el 5 de enero de 2015).
- MEGÍAS, M. I. (2009). *Optimización en procesos cognitivos y su repercusión en el aprendizaje de la danza*. (Tesis doctoral). Universitat de València.
- MIRANDA, J. (2003). *Elaboració d'un Model Multimèdia d'intervenció per a l'educació de l'oïda musical*. (Tesis doctoral). Universitat Autònoma, Barcelona.
- MIRANDA, R., SANTÍN, L. J., REDOLAR, D. Y VALERO, A. (2014). “Neuronas y comunicación neural” en D. REDOLAR (ed.), *Neurociencia cognitiva* (pp. 27-66). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- MORA, F. (1994). *Cerebro y mente*. Madrid: Arbor, CSIC.
- MORENO, E. (2006). “Concierto para los más pequeños”. *Aula de Infantil*, (33), 43-45.
- POCH, M. L. (2001). “Neurobiología del desarrollo temprano”. *Contextos educativos* (4), 79-94.
- REGIDOR, R. (2003). *Las capacidades del niño: guía de estimulación temprana de 0 a 6 años*. Madrid: Palabra.
- TAFURI, J. (2006). *¿Se nace musical? Cómo promover las aptitudes musicales de los niños*. Barcelona: Graó.
- TOMATIS, A. (1969). *El oído y el lenguaje*. Barcelona: Martínez Roca.
- TRALLERO, C. (2008) *El oído musical*.  
Disponible en <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/11525/1/EL%20OIDO%20MUSICAL.pdf> (Consultado el 9 de mayo de 2015).

TREHUB, S. E. (2010). "In the beginning: A brief history of infant music perception".  
*Musicae Scientiae*, 14 (2), 71-87.

TREHUB, S. E. (2013a). *Los niños tienen un conocimiento implícito de la música*.  
Infoidibell. Disponible en  
[http://info.idibell.cat//index/mostrarNoticia/idIdioma/es/idElement/503/numButlleti/  
82/titol/sandra-trehub-los-nios-tienen-un-conocimiento-implcito-de-la-msica](http://info.idibell.cat//index/mostrarNoticia/idIdioma/es/idElement/503/numButlleti/82/titol/sandra-trehub-los-nios-tienen-un-conocimiento-implcito-de-la-msica)  
(Consultado el 4 de diciembre de 2013).

TREHUB, S. E. (2013b). Los bebés comprenden la música. Entrevista de Eduard Punset  
a Sandra Trehub, psicóloga de la Universidad de Toronto. Barcelona, 21 de febrero del  
2013. Redes.  
Disponible en [http://www.redesparalaciencia.com/wp-  
content/uploads/2013/04/entrev153.pdf](http://www.redesparalaciencia.com/wp-content/uploads/2013/04/entrev153.pdf) (Consultado el 14 de diciembre de 2013).

WILLEMS, E. (1983). *Las Bases psicológicas de la Educación Musical*. Buenos Aires:  
Paidós.

ZENATTI, A. (1991). "Aspectos del desarrollo musical del niño en la historia de la  
psicología del siglo XX". *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 3 (9), 57-70.