

## **Explorando el concepto de asimetría cerebral a través de la manipulación de procesos relacionados con la música y la memoria**

### **Exploring the concept of brain asymmetry through the manipulation of processes related to music and memory.**

#### **RESUMEN:**

La implicancia de la música en el desarrollo de la cognición es tal, que pareciera existir una especialización hemisférica cerebral para esta habilidad. La hipótesis más reconocida en la actualidad establece que el procesamiento cerebral de la música recluta preferentemente el hemisferio derecho. Esta participación asimétrica de los hemisferios cerebrales en ciertas funciones es conocida desde fines del siglo XIX con los estudios de Paul Broca. Recientemente, la asimetría hemisférica ha sido fuertemente estudiada en relación a la memoria dando como resultado el modelo HERA (Hemispheric Encoding Retrieval Asymmetry). Este modelo propone que existe una asimetría en cuanto a las regiones cerebrales implicadas en la memoria pero basados en los procesos de codificación y recuperación. En otras palabras, existiría una activación selectiva del hemisferio izquierdo durante la codificación de información en la memoria y una activación selectiva del hemisferio derecho durante la recuperación de la información. El presente trabajo propone una breve revisión bibliográfica sobre asimetría cerebral en relación a la música y la memoria y genera una idea novedosa para el estudio de la asimetría cerebral combinando estos dos procesos.

Palabras clave: Asimetría, Música, Memoria, HERA, Cognición

#### **ABSTRACT:**

The implication of music in the development of cognition is such that there seems to be a hemispheric cerebral specialization for this ability. The most widely recognized hypothesis today states that brain processing of music preferentially recruits the right hemisphere. This asymmetric participation of the cerebral hemispheres in certain functions has been known since the end of the 19th century with the studies of Paul Broca. Recently, hemispheric asymmetry has been strongly studied in relation to memory, resulting in the HERA (Hemispheric Encoding Retrieval Asymmetry) model. This model proposes that there is an asymmetry in terms of the brain regions involved in memory but based on the encoding and retrieval processes. In other words, there would be a selective activation of the left hemisphere during information encoding in memory and a selective activation of the right hemisphere during information retrieval. The present work proposes a brief review of the literature on brain asymmetry in relation to music and memory and generates a novel idea for the study of brain asymmetry combining these two processes.

Keywords: Asymmetry, Music, Memory, HERA, Cognition

## **1. Introducción**

Una de las metas de las neurociencias es encontrar la relación existente entre las distintas funciones cognitivas y el sistema nervioso (SN). Según Andreau, (2019): “[...] durante mucho tiempo se sospechó la participación de cerebro en el comportamiento, pero no fue sino hasta la formulación y sistematización del método científico, los avances tecnológicos y el avance en el conocimiento de las funciones del SN —gracias a los casos clínicos y experimentación en sujetos no humanos—, que se abrió un nuevo camino que dio origen a las neurociencias. La psicología científica, despojada de la especulación y la metafísica, intenta medir lo mental de forma cuantitativa y busca establecer un vínculo entre lo físico y lo psicológico. La psicología pasa, de este modo, a formar parte de las neurociencias”(pp 30-31).

Entre las tantas funciones mentales objeto de la neurociencias, el procesamiento musical ha recibido mucha atención en los últimos tiempos (Bertoli & Andreau, 2019). Los seres humanos hemos estado haciendo música desde los albores de la cultura. Hace más de 30.000 años los primeros humanos ya tocaban flautas de hueso, instrumentos de percusión y arpas de mandíbula. De hecho, todas las sociedades conocidas en todo el mundo han tenido música. Nuestro aprecio por la música parece ser innato. Los bebés de tan solo dos meses de edad son atraídos hacia los sonidos consonantes o agradables y se alejan de los sonidos disonantes (Perez & Zatorre, 2003). En los últimos años hemos empezado a adquirir una mejor comprensión de dónde y cómo se procesa la música en el cerebro, lo cual podría sentar las bases para responder preguntas evolutivas.

Estudios de pacientes con lesiones cerebrales y neuroimágenes de personas sanas, no han descubierto ningún "centro" cerebral especializado para la música. Más bien, la música involucra muchas áreas distribuidas por todo el cerebro, incluidas las que normalmente participan en otros tipos de cognición. Las áreas activas varían según las experiencias individuales y la formación musical de la persona (Deutsch, 2013). Además, el procesamiento musical pareciera no reclutar ambos hemisferios cerebrales por igual, sino que existiría una marcada asimetría cerebral.

## **2. Procesamiento cerebral de la música**

El procesamiento de los estímulos musicales es una de las actividades cognitivas más complejas que realiza nuestro cerebro (Guo, Ma & Chen, 2019), por lo que todavía no hay un consenso cierto sobre qué mecanismos cerebrales sustentan este proceso.

Muchas de las investigaciones en este área estudian las bases neurales del procesamiento sintáctico de la música bajo el paradigma de la secuencia de acordes, es decir, violando las reglas sintácticas de la música y registrando los correlatos neuronales. A partir de

este paradigma se observó que los acordes inesperados activaban la corteza frontolateral inferior, la corteza pre motora ventro-lateral inferior, el lóbulo temporal anterior y posterior, la corteza orbitofrontal lateral y la ínsula anterior, siendo que la mayoría de estas estructuras presentaban una activación mayor en el hemisferio derecho (Koelsch et al., 2005). En un estudio reciente, donde también se indagaba la sintaxis irregular de la música, Oeschlin, Gschwind y James (2018) identificaron una vía ventral en el hemisferio derecho que tendría un papel fundamental en el procesamiento sintáctico musical.

Mediante el uso de técnicas de neuroimagen, otros autores encontraron que las características de un estímulo musical, tales como tono, acorde, ritmo y timbre se procesan predominantemente en la corteza auditiva derecha en sujetos no músicos (Ono et al., 2011), más específicamente, en una región de la circunvolución temporal superior derecha, que abarca el plano polar y la circunvolución de Heschl (Alluri et al., 2013).

En definitiva, investigaciones previas indicarían que el procesamiento de los estímulos musicales, por lo menos en personas sin entrenamiento musical, tendría mayor preponderancia en el hemisferio derecho (Ohnishi et al., 2001; Tervaniemi & Hugdahl, 2003; Ono et al., 2011; Santosa et al., 2014).

### **3. Memoria y Asimetría cerebral**

En lo que refiere a la memoria episódica, los estudios de neuroimagen utilizan principalmente la resonancia magnética funcional (RMf) y la tomografía por emisión de positrones (TEP). como otras técnicas (ver Okamoto et al., 2011 y Propper et al., 2016 para Espectroscopia Funcional del Infrarrojo Cercano, Babiloni et al., 2006 para Electroencefalografía, y Rossi et al., 2004 para Estimulación Magnética Transcraneal Repetitiva), revelaron una activación hemisférica diferencial durante la codificación y recuperación de información; siendo la corteza cerebral izquierda más activa durante la codificación de información en la memoria (Kapur et al., 1994; Demb et al., 1995; Gabrieli et al., 1998), y la corteza cerebral derecha la que muestra una mayor activación durante la recuperación de información de la memoria (Nyberg et al., 1996; Buckner, 1996).

Estos patrones de activación asimétrica para los procesos de memoria llevaron a la concepción del modelo hemisférico de codificación / asimetría de recuperación (HERA), que estableció que las contribuciones funcionales del cerebro se lateralizan de acuerdo con la naturaleza de las operaciones mnemotécnicas involucradas (Nyberg et al., 1996; Tulving et al., 1994; Cabeza et al., 2003; Habib et al., 2003). Adicionalmente, se ha propuesto que además del subproceso de la memoria, el tipo de estímulo a recordar (verbal o pictórico) puede influir en la

lateralización. En 1998, Wagner y cols. utilizaron estímulos verbales y pictóricos para testear el modelo HERA. Encontraron que HERA sólo se aplicaba a los estímulos verbales, para los estímulos pictóricos el hemisferio derecho se activó preferentemente durante ambos subprocesos. La relación entre los procesos de la memoria basados en el tipo de estímulo y la lateralización hemisférica permanecen aún inciertos (Gazzaniga, 2000; Andreau & Torres Batán, 2019).

#### **4. Música y Memoria**

La música tiene un fuerte poder evocador y genera un alto nivel de activación y de valencia emocional (Judde & Rickard, 2010; Ferreri et al., 2015), sin embargo todavía no hay un consenso sobre su posible efecto en la memoria. Un meta análisis sobre los efectos de la música de fondo parecería indicar que la música afecta negativamente el rendimiento cognitivo, particularmente en tareas de memoria, siendo una posible explicación las limitaciones atencionales al realizar una tarea que requiere un esfuerzo cognitivo al mismo tiempo que se escucha música (Kampfe, Sedlmeier, & Renkewitz, 2011).

Sin embargo, también existe literatura que demuestra un efecto positivo de la música sobre la memoria. Los estados afectivos inducidos por la música son más fuertes que los estados afectivos inducidos por otras modalidades como la observación de películas (Rickard, 2004), y este fuerte impacto emocional podría enriquecer el contexto de codificación de un evento modulando positivamente la memoria (Judde & Rickard, 2010; Ferreri et al., 2015).

#### **5. Conclusión y posibles propuestas**

La relación entre procesos cognitivos y la actividad cerebral subyacente se ha estudiado desde los albores de la neurociencia. No obstante, la mayoría de esas funciones cognitivas y su relación con la corteza cerebral subyacente sigue siendo un misterio (Andreau, 2019). Las regiones cerebrales que participan en el procesamiento de la música parecieran estar lateralizadas preferentemente hacia el hemisferio derecho. Por otro lado, la capacidad de aprender y recordar información también ha demostrado tener lateralización a partir de la cual se estableció el modelo HERA. De acuerdo a este modelo, la corteza izquierda tiene mayor activación durante la codificación de información en la memoria, mientras que la corteza derecha tiene mayor activación durante el recuerdo de información de la memoria. No obstante, existen algunas controversias respecto a si este modelo se sostiene para todo tipo de material a ser estudiado o sólo para material verbal (Gazzaniga, 2000).

En base a lo descrito anteriormente, podríamos delimitar ciertas ideas para futuros trabajos que indaguen la asimetría cerebral en relación a la memoria. Por ejemplo, si el procesamiento musical activa mayormente el hemisferio derecho, y otra actividad como codificar información en la memoria, activa preferentemente el hemisferio izquierdo, entonces realizar ambas actividades no debería interferir con el rendimiento subsecuente en el recuerdo de lo estudiado. Por otro lado, si la música se escuchara durante la recuperación de información, entonces el desempeño simultáneo de dos tareas que son procesadas preferentemente por el mismo hemisferio cerebral podría afectar negativamente el desempeño de al menos una de ellas (Kinsbourne & Hiscock, 1983), dando como consecuencia un rendimiento bajo en la memoria en comparación con un grupo control que no escuchara música. Por supuesto, los investigadores que se decidan por el estudio de esta relación, deberían considerar otras variables importantes como son: el tipo de activación emocional generada por la música, el tipo de estímulo a recordar, el grado de experiencia musical, etc.

Los resultados de dicho trabajo aportarían nuevos conocimientos acerca de la relación entre las funciones cognitivas y sus bases neurales.

## Referencias bibliográficas

- Alluri, V., Toiviainen, P., Lund, T. E., Wallentin, M., Vuust, P., Nandi, A. K., ... & Brattico, E. (2013). From Vivaldi to Beatles and back: predicting lateralized brain responses to music. *Neuroimage*, 83, 627-636.
- Andreau, J.M. (2019) "Neurociencias y Psicología: Aproximaciones hacia una ciencia de la mente". Ediciones Universidad del Salvador. ISBN 978-950-592-252-9
- Andreau, J. M., & Torres Batán, S. (2019). Exploring lateralization during memory through hemispheric pre-activation: Differences based on the stimulus type. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 24(4), 393-416.
- Angulo-Perkins, A., Aubé, W., Peretz, I., Barrios, F. A., Armony, J. L., & Concha, L. (2014). Music listening engages specific cortical regions within the temporal lobes: Differences between musicians and non-musicians. *Cortex*, 59, 126-137.
- Bertoli, J.I., Andreau, J.M., (2019). "El efecto de la música en las habilidades cognitivas". *Revista de Psicología y Psicopedagogía*, Facultad de Psicología y Psicopedagogía, Universidad del Salvador, Número 4 2019. ISSN: 2545-6253.
- Babiloni, C., Vecchio, F., Cappa, S., Pasqualetti, P., Rossi, S., Miniussi, C., & Rossini, P. M. (2006). Functional frontoparietal connectivity during encoding and retrieval processes follows HERA model: A high-resolution study. *Brain Research Bulletin*, 68, 203-212.
- Buckner, R.L. (1996). Beyond HERA: Contributions of specific prefrontal brain areas to long-term memory retrieval. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 149–158.
- Cabeza, R., Locantore, J.K., Anderson, N.D. (2003). Lateralization of prefrontal activity during episodic memory retrieval: Evidence for the production-monitoring hypothesis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(2), 249–259.
- Demb, J.B., Desmond, J.E., Wagner, A.D., Vaidya, C.J., Glover, G.H., Gabrieli, J.D.E. (1995). Semantic encoding and retrieval in the left inferior prefrontal cortex: A functional mri study of task difficulty and process specificity. *The Journal of Neuroscience*, 15, 5870–5878.
- Deutsch, D. (Ed.). (2013). *Psychology of music*. Elsevier.
- Echaide, C., del Río, D., & Pacios, J. (2019). The differential effect of background music on memory for verbal and visuospatial information. *The Journal of general psychology*, 146(4), 443-458.
- Ferreri, L., Bigand, E., Bard, P., & Bugaiska, A. (2015). The influence of music on prefrontal cortex during episodic encoding and retrieval of verbal information: a multichannel fNIRS study. *Behavioural Neurology*, 2015.
- Gabrieli, J.D.D., Poldrack, R.A., Desmond, J.E. (1998). The role of the left prefrontal cortex in language and memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95, 906– 913.
- Gazzaniga, M.S., 2000. Cerebral specialization and interhemispheric communication: does the corpus callosum enable the human condition? *Brain* 123, 1293–1326.
- Guo, Z., Ma, T., & Chen, S., "Lateralization of processing spectrally-degraded music in the auditory cortex: An fNIRS study," 2019 41st Annual International Conference of the

- IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Berlin, Germany, 2019, pp. 2981-2984, doi: 10.1109/EMBC.2019.8856756.
- Habib, R., Nyberg, L., Tulving, E. (2003). Hemispheric asymmetries of memory: The HERA model revisited. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 241–245.
- Judde, S., & Rickard, N. (2010). The effect of post-learning presentation of music on long-term word-list retention. *Neurobiology of learning and memory*, 94(1), 13-20.
- Kampfe, J., Sedlmeier, P., & Renkewitz, F. (2011). The impact of background music on adult listeners: A meta-analysis. *Psychology of Music*, 39(4), 424–448. doi:10.1177/0305735610376261
- Kapur, S., Craik, F.I.M., Tulving, E., Wilson, A.A., Houle, S., Brown, G.M. (1994). Neuroanatomical correlates of encoding in episodic memory: Levels of processing effects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91, 2008–2011.
- Koelsch, S., Fritz, T., Schulze, K., Alsop, D., & Schlaug, G. (2005). Adults and children processing music: an fMRI study. *Neuroimage*, 25(4), 1068-1076.
- Kinsbourne, M., & Hiscock, M. (1983). Asymmetries of dual-task performance. In J. B. Hellige (Ed.), *Cerebral hemisphere asymmetry: Method, theory and application* (pp. 255–334). New York, NY: Praeger.
- Nyberg, L., Cabeza, R., Tulving, E. (1996). PET studies of encoding and retrieval: The HERA model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(2), 135–148.
- Oechslin, M. S., Gschwind, M., & James, C. E. (2018). Tracking training-related plasticity by combining fMRI and DTI: the right hemisphere ventral stream mediates musical syntax processing. *Cerebral Cortex*, 28(4), 1209-1218.
- Ohnishi, T., Matsuda, H., Asada, T., Aruga, M., Hirakata, M., Nishikawa, M., ... & Imabayashi, E. (2001). Functional anatomy of musical perception in musicians. *Cerebral cortex*, 11(8), 754-760.
- Okamoto, M., Wada, Y., Yamaguchi, Y., Kyutoku, Y., Clowney, L., Singh, A. K., Dan, I. (2011). Process-specific prefrontal contributions to episodic encoding and retrieval of tastes: a functional NIRS study., 54, 1578-1588.
- Ono, K., Nakamura, A., Yoshiyama, K., Kinkori, T., Bundo, M., Kato, T., & Ito, K. (2011). The effect of musical experience on hemispheric lateralization in musical feature processing. *Neuroscience letters*, 496(2), 141-145.
- Peretz, I., & Zatorre, R. J. (Eds.). (2003). *The cognitive neuroscience of music*. OUP Oxford.
- Propper, R. E., Dodd, K., Christman, S. D., & Brunyé, T. T. (2016). Relationship between sustained unilateral hand clench, emotional state, line bisection performance, and prefrontal cortical activity: A functional near-infrared spectroscopy study. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 22(6), 671-689.
- Rossi, S., Miniussi, C., Pasqualetti, P., Babiloni, C., Rossini, P. M., Cappa, S. F. (2004). Age-related functional changes of prefrontal cortex in long-term memory: a repetitive transcranial magnetic stimulation study. *The Journal of neuroscience*, 24(36), 7939-7944.
- Santosa, H., Hong, M. J., & Hong, K. S. (2014). Lateralization of music processing with noises in the auditory cortex: an fNIRS study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 418.

- Tervaniemi, M., & Hugdahl, K. (2003). Lateralization of auditory-cortex functions. *Brain research reviews*, 43(3), 231-246.
- Tulving, E., Kapur, S., Craik, F. I., Moscovitch, M., & Houle, S. (1994). Hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory: positron emission tomography findings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(6), 2016-2020.
- Wagner, A.D., Poldrack, R.A., Eldridge, L.L., Desmond, J.E., Glover, G.H., Gabrieli, J.D.E. (1998). Material specific lateralization of prefrontal activation during episodic encoding and retrieval. *Neuroreport*, 9(16), 3711-3717.
- Rickard, N. S. (2004). Intense emotional responses to music: a test of the physiological arousal hypothesis. *Psychology of music*, 32(4), 371-388.