

Efecto del aprendizaje musical en regiones cerebrales asociadas a procesamientos matemáticos: Un estudio de fMRI

Martín Ramírez Meza ¹

Viktoria Horti Pasztor ²

Emilio Sacristán Rock ³

RESUMEN

La resonancia magnética funcional (fMRI) es una técnica de imagenología que permite mapear las regiones cerebrales que responden a algún estímulo o mientras se realiza alguna tarea cognitiva. Esta es una importante herramienta dentro de la neurociencia cognitiva, ya que, además de mapear activación de regiones neuronales, permite también identificar las redes neuronales que participan en procesos mentales como la solución de problemas matemáticos o la abstracción musical. Debido a la relación que existe entre la música y las matemáticas (en términos de frecuencia, duración, tonos, etc.), resulta de interés indagar ¿qué sucede en regiones asociadas al procesamiento matemático en cerebros de sujetos que han realizado un entrenamiento musical? En el presente trabajo se logró identificar que existe una diferencia en la activación de estas regiones después de haber tenido un entrenamiento musical, lo que pudiera representar una ventaja cognitiva para la solución de problemas matemáticos.

PALABRAS CLAVE

Regiones neuronales, Música, Matemáticas

¹ mart.ramirez.m@gmail.com

CI3M, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, CDMX
<https://orcid.org/0000-0002-6094-6696>

² viktoriahorti@hotmail.com

Facultad de Música, Universidad Nacional Autónoma de México
<https://orcid.org/0009-0007-0034-0231>

³ esacristan@ci3m.mx

CI3M, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, CDMX
<https://orcid.org/0000-0001-6196-6288>

Ramírez Meza, M., Horti Pasztor, V., & Sacristán Rock, E. (2024). Efecto del aprendizaje musical en regiones cerebrales asociadas a procesamientos matemáticos: Un estudio de fMRI. En M. Sánchez Aguilar, M. del S. García González, & A. Castañeda (Eds.), *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 575–580). Editorial SOMIDEM.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-69>

INTRODUCCIÓN

Es de tomar en consideración que el aprendizaje musical no puede verse como un ente aislado dirigido únicamente al desarrollo de habilidades motrices y sonoras, ya que dentro de este dominio se encuentran relacionados aspectos matemáticos como los tonos, los ritmos, las frecuencias, entre otros. Así como Gottfried Wilhelm Leibniz, quien en 1712 postuló que “la música es un ejercicio aritmético inconsciente en el que la mente no sabe que calcula”, y tomando también como premisa lo escrito por Jean Philippe Rameau en 1722, en el primer tratado de teoría musical “La música es una ciencia que debe tener reglas establecidas; estas reglas deben derivarse de un principio evidente, y este principio no puede revelarse sin la ayuda de las matemáticas”, es de interés particular el pensar que existe alguna ventaja cognitiva (Olszewska, et al., 2021) en el procesamiento matemático en aquellas personas que han estudiado música en alguna etapa de su vida. Dentro de las neurociencias, gracias a técnicas actuales de imagenología como la fMRI, es posible detectar las regiones cerebrales que responden a algún estímulo o llevan a cabo algún procesamiento cognitivo (Heeger & Ress, 2002), así como identificar las redes neuronales involucradas en estos eventos. Gracias a estas técnicas se han podido determinar (Rickard, et al., 2000) algunas regiones que se encuentran activas al momento de dar solución a problemas matemáticos; algunas de estas regiones de interés (ROI) son el surco intraparietal, el giro angular y el giro fusiforme. Hallazgos similares han sido reportados en estudios realizados al evaluar procesamientos matemáticos en grupos de músicos y no músicos (Schmithorst & Holland, 2004), encontrando una mayor activación en los giros fusiforme y frontal medial en los músicos. Esto podría estar relacionado a los cambios, neuroplasticidad, que realiza el cerebro como respuesta al entrenamiento musical; este efecto de neuroplasticidad ha sido investigado por la candidata a doctora Viktoria Horti Pasztor, concertista de música de cámara y maestra de violín a nivel medio y superior. Su tesis para obtener el grado de doctora en el Programa de Maestría y Doctorado en Música en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se centra en la evaluación de habilidades desarrolladas por sus alumnos después de un entrenamiento especializado elaborado por la misma autora. Adicional a las evaluaciones musicales, se realizaron estudios de fMRI antes y después de dicho entrenamiento para poder tener una correlación de los resultados musicales con los hallazgos imagenológicos que dieran pauta para determinar los cambios a nivel de activación cerebral. Tomando en consideración estas aportaciones, surgió la inquietud de evaluar el comportamiento de las regiones previamente reportadas asociadas a procesamientos matemáticos (Abd Hamid, et al., 2011).

HIPÓTESIS

El aprendizaje musical favorece la activación de regiones cerebrales encargadas de realizar procesamientos matemáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujetos

Se enrolaron 7 sujetos, seleccionados por la Mtra. Horti para su investigación de tesis doctoral, con edad promedio de 20.57 ± 1.99 años. Entre los criterios de inclusión se consideró que fueran diestros y tuvieran poco tiempo de estudio de violín (2.21 ± 0.64 años de estudio). Entre los criterios de exclusión se consideró que los sujetos no tuvieran implantes metálicos o marcapasos, y que tampoco tuvieran algún antecedente neurológico y/o psiquiátrico. Antes del inicio del protocolo, se les informó en qué consistía la investigación y firmaron el consentimiento informado proporcionado. La ejecución de esta investigación fue aprobada por el comité de ética del Centro Nacional de Investigación en Imagenología e Instrumentación Médica (CI3M) de la UAM-Iztapalapa.

Entrenamiento musical

El entrenamiento al que se sometieron los sujetos tuvo una duración de 9 meses, en los que se tuvo una sesión por semana. Consistió en actividades homogéneas para todos con la finalidad de mostrar un desarrollo de habilidades violinísticas. Este taller fue diseñado por la Mtra. Horti como punto principal de su tesis doctoral. La evaluación de los alumnos se centró en la identificación de una mejora musical al momento de interpretar alguna pieza en el violín.

Imagenología por resonancia magnética

La adquisición de imágenes para la investigación se realizó en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Imagenología e Instrumentación Médica (CI3M) bajo la dirección del Dr. Emilio Sacristán. Se utilizó un equipo de Resonancia magnética de 3Teslas (Achieva® 3.0T, Philips) y una antena para cráneo (8-Channel SENSE Head coil). Se adquirieron imágenes estructurales de alta resolución ponderadas en T1, e imágenes funcionales EPI ponderadas en T2*.

Paradigma

Se utilizó un paradigma diseñado por la Mtra. Horti. Este se estructuró con bloques de estímulo y bloques de reposo, se realizaron 4 tareas que consistían en patrones melódicos que el sujeto tenía que seguir; después de cada tarea se presentaba una imagen neutra en la pantalla como condición de control.

Procesamiento de imágenes

Utilizando el Software SPM se realizó el procesamiento de las imágenes adquiridas (relineado, normalizado y suavizado) de cada sujeto. Posteriormente, se realizaron los mapas de activación correspondiente a cada tarea y se discriminaron aquellos que no contaban con la suficiente fuerza estadística para determinar las regiones de activación. Por último, se realizó un análisis grupal (segundo nivel) para determinar aquellas regiones de activación que estuvieron presentes en todos los sujetos. Las regiones de interés para este trabajo fueron el giro angular, el giro fusiforme y el surco intraparietal.

RESULTADOS

Adicional a las regiones de interés, se encontraron activaciones en regiones occipitales, corteza motora primaria y corteza motora suplementaria (datos no mostrados), lo cual va acorde con el trabajo doctoral de la Mtra. Horti.

Figura 1

Representación 3D de las regiones de activación previo al entrenamiento

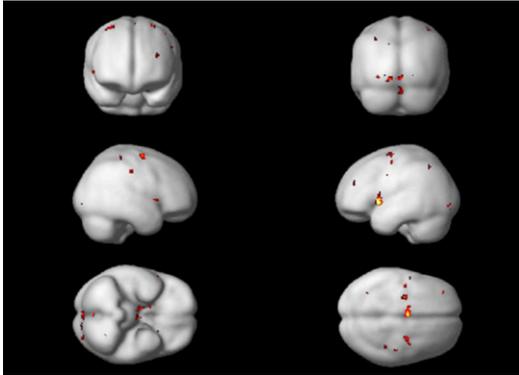
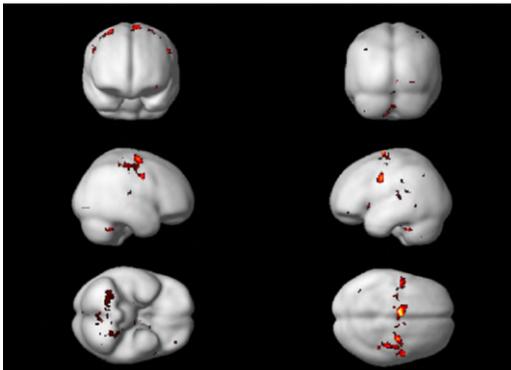


Figura 2

Representación 3D de las regiones de activación posterior al entrenamiento



Después del entrenamiento se encontró activación en el giro angular izquierdo ($p < 0.001$, $T = 6.7$), relacionada con funciones de cálculo como la aritmética y la representación abstracta de la magnitud numérica. Se encontró también activación en el giro fusiforme derecho en las imágenes tomadas posterior al entrenamiento musical ($p < 0.001$ unc., $T = 6.63$), que podría estar asociada al desarrollo de habilidades de percepción visual a un nivel de abstracción. En el surco intraparietal no se encontraron diferencias en la activación, lo que podría ser ligado a que el estímulo presentado en el paradigma no representaba manipulación de cantidades y no fue necesario realizar ningún cálculo de aspecto simbólico (o no simbólico).

CONCLUSIONES

La realización de este trabajo de investigación permitió evaluar las diferencias en las redes neuronales involucradas en el aprendizaje musical. Si bien los sujetos no realizaron tareas que involucraran procesamientos matemáticos, se identificaron diferencias de activación en regiones cerebrales que sí están involucradas en el procesamiento matemático. Estos hallazgos pueden ser dados a la relación estrecha que existe entre la música y las matemáticas, tal como se ha descrito recientemente (Lu, et. al., 2022). Será de futuro interés realizar un abordaje más profundo en el que los sujetos, además de realizar tareas musicales durante la adquisición de imágenes, realicen tareas matemáticas previo y posterior al entrenamiento musical para identificar el impacto de éste en las habilidades matemáticas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Mtra. Viktoria Horti Pasztor, profesora de carrera de la FaM UNAM, actualmente candidata a doctora en el Programa de Maestría y Doctorado en Música de la UNAM, por sus contribuciones (tesis doctoral: Aprendizaje de Violín en la edad adulta, valorado mediante Resonancia Magnética Funcional (IRMf)). Una investigación útil para un futuro paradigma educativo en la enseñanza del Violín, en las que se basa este trabajo.

REFERENCIAS

- Heeger, D. J., & Ress, D. (2002). What does fMRI tell us about neuronal activity? *Nature reviews neuroscience*, 3(2), 142–151. <https://doi.org/10.1038/nrn730>
- Rickard, T. C., Romero, S. G., Basso, G., Wharton, C., Flitman, S., & Grafman, J. (2000). The calculating brain: an fMRI study. *Neuropsychologia*, 38(3), 325–335. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(99\)00068-8](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(99)00068-8)

- Abd Hamid, A. I., Yusoff, A. N., Mukari, S. Z. M. S., & Mohamad, M. (2011). Brain activation during addition and subtraction tasks in-noise and in-quiet. *The Malaysian journal of medical sciences: MJMS*, *18*(2), 3, 1676–1684. <https://doi.org/10.1007/s11682-020-00362-y>
- Olszewska, A. M., Gaca, M., Herman, A. M., Jednoróg, K., & Marchewka, A. (2021). How musical training shapes the adult brain: Predispositions and neuroplasticity. *Frontiers in Neuroscience*, *15*, 630829. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.630829>
- Schmithorst, V. J., & Holland, S. K. (2004). The effect of musical training on the neural correlates of math processing: a functional magnetic resonance imaging study in humans. *Neuroscience letters*, *354*(3), 193–196. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2003.10.037>
- Lu, C-I., Greenwald, M., Lin, Y-Y., & Bowyer, S. M. (2022). Music, Math, and Working Memory: Magnetoencephalography Mapping of Brain Activation in Musicians. *Frontiers in Human Neuroscience*, *16*, 866256. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.866256>