

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Las prácticas artísticas: una visión neurocientífica

Artistic practices: A neuroscientific view

Miriam Albusac Jorge
albusac@ugr.es
Universidad de Granada

Sugerencias para citar este artículo:

Albusac Jorge, Miriam (2022). Las prácticas artísticas: una visión neurocientífica. Tercio Creciente 21, (pp. 95-112), <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>

ALBUSAC JORGE, MIRIAM. Las prácticas artísticas: una visión neurocientífica. Tercio Creciente, enero 2022, pp. 95-112, <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>

Recibido: 01/10/2021
Revisado: 17/12/2021
Aceptado: 20/12/2021
Publicado: 28/01/2022

Resumen

Las bases neuronales que subyacen en las prácticas artísticas han sido estudiadas por la neurociencia, haciendo uso de las metodologías y técnicas de registro que le son propias, con el objetivo de entender cómo el cerebro procesa el arte. Sin embargo, la investigación sobre el arte como medio para inducir plasticidad es aún limitada. Este texto revisa la literatura científica que vincula diversas manifestaciones artísticas –como la danza o las artes visuales– con cambios plásticos estructurales y funcionales a nivel cerebral.

Palabras clave

Arte, cerebro, danza, neurociencia, música

Abstract

The neural substrates underlie artistic practices have been studied by neuroscience using its own methodologies and techniques, in order to understand how brain process art. However, research on art and brain plasticity is still limited. This text reviews scientific literature links artistic manifestations –such as dance or visual arts– with structural and functional plasticity.

Keywords

Art, brain, dance, neuroscience, music.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

1. Introducción. Arte y cerebro: la neurociencia moderna.

El nacimiento de la neurociencia moderna a finales del siglo XIX, permitió que se comenzaran a ofrecer algunos datos sobre la complejidad del sistema nervioso. El paulatino progreso de la materia, caracterizada por un enfoque multidisciplinar –con intervención de diferentes enseñanzas como la Física, la Matemática, la Psicología, la Medicina, la Biología, etcétera–, junto con el desarrollo de las técnicas de registro de la actividad cerebral, han forjado un escenario particular para el siglo XXI, donde la comprensión completa del funcionamiento del cerebro se presenta como una de las grandes metas de la centuria. Así, se despliega un verdadero desafío ante la comunidad científica, en el que conocer el fenómeno artístico a nivel cerebral ocupa un lugar destacado.

Como parte de la neurociencia, la neuroestética analiza cómo es la percepción del arte y los mecanismos cerebrales que intervienen en su producción, además de otras respuestas vinculadas a este. En los años circundantes al nacimiento de la neuroestética, el neurobiólogo Semir Zeki –referente en este campo– escribió su célebre texto *Art and the brain*, en el que expresaba que, aunque mucho se había escrito sobre arte, no así sobre su relación con el cerebro (1998, p. 71). De hecho, desde la perspectiva humanística, ciertos autores consideran que el estudio científico del arte es reduccionista, ya que las expresiones artísticas se simplifican (Zatorre, 2003, p. 4). Por ejemplo, la mayoría de estudiosos que trabajan en el arte musical están de acuerdo en que la música está formada por mucho más que aquello que puede ser medido y cuantificado (Avanzini, Faienza, Lopez, Majno, & Minciocchi, 2003, p. XII), enunciación que sería extrapolable al resto de las artes. Por otra parte, desde el punto de vista científico, hay quienes defienden que el arte es algo «no esencial» y, aunque es probable que aporte datos significativos, existen otro tipo de elementos que son igual o más válidos para ser estudiados a la luz de la neurociencia, y que potencialmente proporcionarían resultados de mayor interés por ser elementos «fundamentales o esenciales» para el ser humano (Zatorre, 2003, p. 4). No obstante, el elevado número de estudios disponibles que vinculan, por ejemplo, la música y el cerebro, demuestran la idoneidad del arte para ser investigado desde el ámbito de la neurociencia (Zatorre, 2003, p. 4).

La relación entre el sistema nervioso central y los procesos artísticos ha ocupado parte de la investigación de los últimos años. Sin embargo, para estudiar un fenómeno complejo desde el punto de vista científico, se ha de partir de sus elementos básicos, a fin de poder ir construyendo progresivamente el conocimiento global. El cerebro es el órgano que permite procesar el color, la forma o el movimiento de los objetos (Zeki, 1999), los parámetros musicales como el timbre o la altura e, incluso, la belleza (Kawabata & Zeki, 2004), haciendo posible además

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

la coordinación motora requerida para la danza y la interpretación musical. Estos procesos tienen unos correlatos biológicos sobre los que se sustentan (Cela-Conde *et al.*, 2004; Karpati, Giacosa, Foster, Penhune, & Hyde, 2015; Livingstone, 2002; Makuuchi, Kaminaga, & Sugishita, 2003; Zatorre & Peretz, 2001), es decir, que existen una serie de mecanismos neuronales que median en la experiencia artística (Bläsing, et al., 2012; Bläsing, Puttke-Voss, & Schack, 2019; Brown, Martínez, & Parsons, 2006; Brown & Parsons, 2008; Calvo-Merino, Jola, Glaser, & Haggard, 2008; Kawabata & Zeki, 2004; Ramachandran & Hirstein, 1999; Zatorre & Peretz, 2001; Zatorre, 2005; Zatorre & Salimpoor, 2013).

La magnetoencefalografía, el electroencefalograma, la tomografía por emisión de positrones o la resonancia magnética –funcional y estructural–, son algunas de las técnicas que pueden ofrecer información sobre el impacto del arte en el cerebro. Estas miden y registran –mediante una adquisición de datos individualizada– la actividad cerebral de cada sujeto que interviene en una investigación. Por ejemplo, en la figura 1 aparece una imagen obtenida por resonancia magnética estructural –secuencia anatómica T1– de un participante incluido en un estudio de neuroimagen. En ella, los colores más grisáceos son materia gris, el negro indica la existencia de líquido cefalorraquídeo o aire y los tonos más blancos muestran materia blanca o, en su caso, posible hemorragia o presencia de grasa¹.

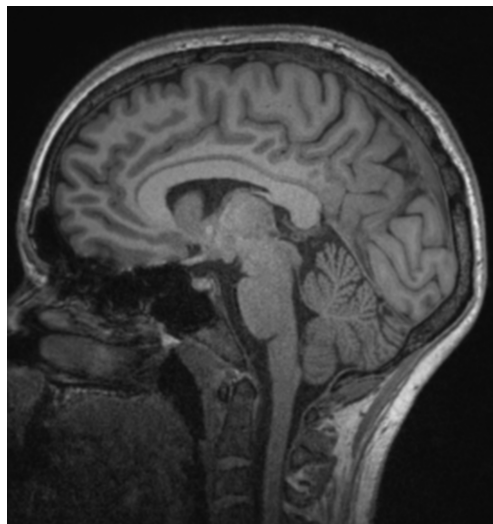


Figura 1. Imagen obtenida por resonancia magnética. Secuencia potenciada en T1. Plano sagital.
Fuente: investigación propia.

1. El encéfalo humano forma parte del sistema nervioso central y está compuesto, por un lado, por sustancia o materia gris –formada principalmente por los cuerpos de las neuronas, células gliales y ramificaciones dendríticas– y, por otro, por sustancia o materia blanca, constituida por los axones neuronales cubiertos de mielina.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Igualmente, en la figura 2 se puede apreciar otra imagen estructural, en esta ocasión procedente de una secuencia llamada T2, donde el plano sagital se ha cambiado por un plano axial. En este ejemplo, el color grisáceo manifiesta tanto sustancia gris como grasa, el color negro sustancia blanca y aire, y el color blanco revela líquido cefalorraquídeo y agua, a la vez que advierte sobre la existencia de tumores.

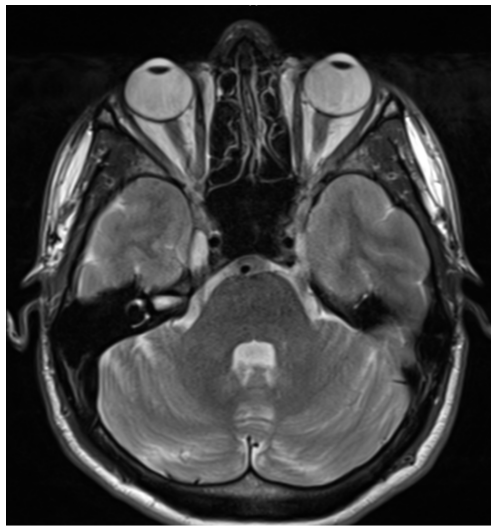


Figura 2. Imagen obtenida por resonancia magnética. Secuencia potenciada en T2. Plano axial.
Fuente: investigación propia.

Una vez finalizada la adquisición de los datos individuales de todos los integrantes de la investigación, se utilizan *software* para el análisis de los mismos. Por ejemplo, los paquetes de *software* más utilizados para la neuroimagen funcional son SPM –*Statistical Parametric Mapping; Department of Cognitive Neurology, Institute of Neurology, University College London, UK*–, FSL –*FMRIB Software Library; Oxford Centre for Functional MRI of the Brain, University of Oxford, UK*– y AFNI –*Analysis of Functional NeuroImages; National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA*– (Eklund, Nichols, Andersson & Knutsson, 2015). Realmente, no existe superioridad de un programa sobre otro, sino que cada uno presenta tanto fortalezas como debilidades (Pauli *et al.*, 2016). Por tanto, empleando estos métodos de la ciencia se han podido estudiar las relaciones arte-cerebro –en general–, así como las modificaciones plásticas –en particular–, siendo esta última subárea la que se aborda en el presente texto.

2. Objetivo.

Además de las bases biológicas que participan en el procesamiento artístico, la plasticidad asociada a las artes, entendida como la capacidad de transformación del sistema nervioso, también ha sido un campo de interés para la neurociencia y la neuroestética. De hecho, estas formas de expresión humana, en tanto aprendizajes complejos, pueden tallar el cerebro (Lin *et al.*, 2013; Preminger, 2012). Las artes visuales, la música o la danza involucran múltiples y distantes regiones cerebrales, al tiempo que pueden llegar a tener un efecto moldeador en los circuitos neuronales y la cognición, debido al ejercicio repetido y continuo.

La práctica prolongada en un dominio modifica el cerebro (Kelly & Garavan, 2005) y puede producir cambios «que van desde transformaciones celulares hasta la formación de nuevas conexiones sinápticas y la reorganización de redes» (Preminger, 2012, p. 1)². Por ello, el arte en general es un medio para inducir experiencias: de hecho, el arte es experiencia (Dewey, 1934). Aunque múltiples estudios han explorado cómo es la activación cerebral mientras se percibe y procesa el arte, la investigación del efecto a largo plazo de la práctica artística es aún limitada. El presente trabajo revisa la literatura científica a este respecto y analiza el conocimiento actual acerca de la influencia que tiene el arte sobre el cerebro en términos de plasticidad, estableciendo nexos de unión entre distintas disciplinas artísticas y subrayando sus singularidades.

3. Procesos artísticos y plasticidad cerebral.

Las investigaciones tradicionales sobre plasticidad cerebral suelen integrar un grupo de expertos en el dominio específico objeto de estudio, junto con un grupo control igualado en las demás variables –edad, sexo, nivel educativo, etcétera–, excepto en la que se pretende investigar. De este modo, cuando se realizan comparaciones de la actividad cerebral, ya sea de la anatomía o de la funcionalidad, se pueden hallar diferencias por grupos, infiriendo que estas podrían atribuirse al entrenamiento en ese dominio.

Los cambios plásticos vinculados al arte se han investigado en música, danza y algunas artes visuales, principalmente. Sin embargo, otras disciplinas como el teatro o las artes literarias, por citar dos ejemplos, no han sido aún objeto de estudio. Tan solo el devenir temporal proporcionará nuevos datos sobre el rastro que otras manifestaciones artísticas pueden imprimir en el cerebro.

2. Texto original: [...] from cellular modifications to formation of new synaptic connections and reorganization of cortical networks, traducción propia.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

3.1. Procesos artísticos y plasticidad cerebral.

De entre todas las artes, la plasticidad asociada a la música es quizá el elemento que más se ha explorado, al amparo de la materia conocida como neurociencia de la música. Este hecho se debe a que el cerebro de los músicos es considerado un modelo excelente para el estudio de la plasticidad estructural y funcional (Schlaug, 2015). Al mismo tiempo, la música tiene la dualidad de ser un estímulo eficiente tanto para producirla (Wan & Schlaug, 2010) – incluso promoviendo la metaplasticidad (Herholz & Zatorre, 2012, p. 494)– como para estudiar el comportamiento del cerebro en términos plásticos (Herholz & Zatorre, 2012).

Las investigaciones que han expuesto transformaciones cerebrales vinculadas a la música son numerosas y heterogéneas, por lo que reproducirlas en este texto sería inapropiado debido a la limitación espacial del mismo (revisión en Albusac-Jorge, 2019). No obstante, cabe destacar que en el ámbito anatómico concurren cambios en las cortezas motora y auditiva, el cerebelo o el cuerpo caloso, entre otros (Bermudez & Zatorre, 2005; Gaser & Schlaug, 2003; Han *et al.*, 2009; Hutchinson, Lee, Gaab, & Schlaug, 2003; Lee, Chen, & Schlaug, 2003; Lv *et al.*, 2008; Schlaug *et al.*, 2009; Steele, Bailey, Zatorre, & Penhune, 2013; Vollmann *et al.*, 2014). Además, existe también una actividad neural distintiva a nivel funcional (Bauman *et al.*, 2007; D'Ausilio, Altenmüller, Olivetti Belardinelli, & Lotze, 2006; Fauvel *et al.*, 2014; Gebel, Braun, Kaza, Altenmüller, & Lotze, 2013; Herdener *et al.*, 2010; Jäncke, Shah, & Peters, 2000; Koeneke, Lutz, Wüstenberg, & Jäncke, 2004; Ohnishi *et al.*, 2001; Palomar-García, Zatorre, Ventura-Campos, Bueichekú, & Ávila, 2017; Rosenkranz, Williamon, & Rothwell, 2007; Strait, Chan, Ashley, & Kraus, 2012; Schulz, Ross, & Pantev, 2003).

Tras mostrar los descubrimientos vinculados a la plasticidad realizados en el ámbito de la neurociencia de la música, el siguiente paso lógico sería centrar la visión en otras actividades reiterativas que impliquen ese arte y el movimiento. Por ello, en los últimos años la neurociencia ha puesto su foco de estudio sobre la danza, un campo en pleno desarrollo.

3.2. Danza: el baile neuronal.

«La danza es una actividad humana universal, caracterizada por el procesamiento auditivo complejo de los estímulos musicales y la sincronización inmediata de movimientos corporales, coordinados de acuerdo con los patrones auditivos percibidos»³ (Hänggi, Koeneke,

3. Texto original: Dance is a universal human activity characterized by complex auditory processing of musical stimuli and online synchronization of coordinated body movements according to the perceived auditory patterns, traducción propia.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Bezzola, & Jäncke, 2010, p. 1196). Por tanto, la danza entraña un alto componente motor, al mismo tiempo que emplea la música durante su ejecución. Sin embargo, aunque la práctica de la danza y de la interpretación musical tienen características comunes, la primera abarca prácticamente todo el cuerpo, mientras que la segunda requiere de habilidades motoras sólo de zonas corporales específicas.

A diferencia de la música, la danza ha sido menos estudiada en su vínculo con la plasticidad cerebral. Quizá esto se deba a las limitaciones que tiene la neuroimagen en relación al movimiento corporal y la adquisición de datos cerebrales. Aún así, igual que en el caso de la música, se ha podido corroborar plasticidad cerebral tanto estructural como funcional asociada a la danza (Teixeira-Machado, Arida, & de Jesús Mari, 2019): en general, hay diferencias cerebrales entre bailarines y personas no instruidas (Karpati, Giacosa, Foster, Penhune, & Hyde, 2018).

Existe una gran controversia en la literatura científica actual a este respecto, que aún no ha podido resolverse. Así, mientras que algunos investigadores han informado de modificaciones estructurales vinculadas con volúmenes reducidos en diversas regiones cerebrales de bailarines de ballet (Hänggi *et al.*, 2010), otros han comprobado aumentos de grosor cortical en danzantes expertos (Karpati, Giacosa, Foster, Penhune, & Hyde, 2017). Por tanto, no se sabe con certeza si esos volúmenes cerebrales disminuidos se deben al entrenamiento continuado, siendo el resultado, por ejemplo, de una mayor eficiencia en las fibras o, sin embargo, pudieran corresponder al reducido índice de masa corporal que presentan los danzantes de ballet en comparación con la muestra control de sujetos no expertos, interviniendo esta cuestión u otras como variables confusoras. En esta línea, se ha aludido a una menor materia gris en el grosor cortical –en general– de bailarines (Porat *et al.*, 2016), así como volúmenes reducidos en la materia gris del cerebelo (Nigmatullina *et al.*, 2015), estructuras sensoriomotoras como la corteza premotora, el área motora suplementaria y el putamen, además del giro frontal superior (Hänggi *et al.*, 2010). Por otro lado, cabe destacar que se han comprobado reducciones de materia blanca en los tractos corticoespinales, las cápsulas internas, el cuerpo caloso y el cíngulo (Hänggi *et al.*, 2010).

A pesar de estos descubrimientos, la mayor parte de los estudios vinculados con el aprendizaje motor y la neuroplasticidad indican mayores volúmenes cerebrales en materia gris, correlacionando estas modificaciones con los años de entrenamiento. Así ocurre en los hallazgos que prueban que tanto bailarines como músicos tienen un mayor grosor cortical en comparación con los controles en las regiones temporales superiores (Karpati *et al.*, 2017); o más volumen de materia gris en zonas motoras vinculadas con el movimiento de los pies en expertos danzantes –al compararlos con deportistas profesionales– (Meier, Topka, & Hänggi donde encontraron 2016). Igualmente, emerge más materia gris en la corteza cingulada, la

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

ínsula, el área motora suplementaria, las circunvoluciones precentral, poscentral, frontal medial y temporal superior izquierdas, el giro parahipocampal y el hipocampo, al tiempo que mayor volumen en las fibras del cuerpo calloso, tras un programa de entrenamiento basado en baile en personas mayores –*versus* un programa de entrenamiento tradicional de salud física– (Müller *et al.*, 2017; Rehfeld *et al.*, 2017; 2018).

Otros estudios muestran que, en comparación con músicos expertos, los bailarines presentan anisotropía fraccionada reducida en diversos tractos (Giacosa, Karpati, Foster, Penhune, & Hyde, 2016), poniendo de manifiesto cómo distintos tipos de entrenamiento, aunque similares, confluyen en alternaciones neuroplásticas específicas (Giacosa, Karpati, Foster, Hyde, & Penhune, 2019). En la misma línea, también se ha encontrado una menor anisotropía fraccionada en bailarines si se les compara con sujetos no instruidos (Burzynska, Finc, Taylor, Knecht, & Kramer, 2017; Hänggi *et al.*, 2010), lo cual podría indicar que existen axones con diámetros mayores, o que los esquemas de fibras cruzadas son distintos. Además, la anisotropía fraccional se ha mostrado significativamente disminuida también en gimnastas de élite (Huang, Lu, Song, & Wang, 2015).

En el ámbito funcional, los bailarines expertos poseen mayor densidad de conectividad en la red de aprendizaje motor (Burzynska *et al.*, 2017), especialmente en regiones vinculadas con el control motor como los ganglios cortico-basales, al mismo tiempo que conectividad funcional en estado de reposo incrementada en subredes insulares (Gujing *et al.*, 2019) y en otras amplias regiones (Kim, Cha, Kang, Kim, & Han, 2016), gran parte de ellas de enorme importancia para las vías motoras (Li *et al.*, 2015). Investigaciones similares a las expuestas en este epígrafe han notificado igualmente cambios cerebrales distintivos vinculados con el baile (Bar & DeSouza, 2016; Calvo-Merino, Glaser, Grezes, Passingham, & Haggard, 2005; Fink, Graif, & Neubauer, 2009; Orlandi, Zani, & Proverbio, 2017; Poikonen, Toiviainen, & Tervaniemi, 2018a; 2018b).

3.3. Artes visuales.

En último lugar resulta necesario mencionar a las artes visuales, que, aunque también gozan de una desarrollada trayectoria en lo que al estudio de los sustratos neuronales se refiere –principalmente en la organización, procesamiento y estructura del cerebro visual–, tienen una exigua bibliografía científica en su vinculación con la subárea de la plasticidad. Empleando electroencefalograma se han examinado las diferencias en actividad cerebral de creadores visuales en comparación con sujetos no artistas mientras dibujaban, concluyendo que existe una disminución de las ondas alfa superiores en el grupo de creadores, lo que podría suponer un refuerzo del funcionamiento cognitivo (Kottlow, Praeg, Luethy, & Jancke, 2011). Con esta misma técnica de registro, también se han constatado diferencias entre grupos en el grado de

sincronización de fase en determinadas bandas de frecuencia, durante la percepción visual de pinturas (Bhattacharya & Petsche, 2002, 2005; Bhattacharya, 2009).

En cuanto a las pesquisas de los estudios con resonancia magnética, los pintores han mostrado cambios modulares en las redes cerebrales, especialmente en la red parietal sensoriomotora, sugiriendo una mayor integración perceptiva y mejor control motor en estos artistas (Lin *et al.*, 2013). Asimismo, se ha monitorizado la actividad cerebral de un dibujante consagrado y la de uno novato mientras creaban –dibujos de rostros–, pudiéndose comprobar que el primero tenía un nivel de actividad menor en áreas del cerebro implicadas en el procesamiento facial durante la tarea de dibujo, pero involucrando al mismo tiempo áreas vinculadas con las funciones cognitivas superiores (Solso, 2001). A pesar de ello, estudios de este tipo, aunque de interés, no pueden extrapolar sus conclusiones o hacer generalizaciones sobre los resultados obtenidos: son necesarias muestras amplias en ambos grupos –experimental y control–. En definitiva, aunque parece que hay una respuesta funcional distintiva en artistas visuales expertos, son necesarios más estudios con tamaños de muestra significativos y actividades concretas.

4. Conclusiones

La práctica a largo plazo de actividades artísticas como la música, la danza, la pintura o el dibujo produce cambios cerebrales que son específicos y diferenciales según el tipo de entrenamiento, aunque pueden ser compartidos en ciertas regiones, como ocurre con la música y la danza en áreas temporales superiores. Las investigaciones infieren que estas modificaciones encefálicas son producto de la práctica artística, ya que no han podido advertirse en los grupos controles ni tampoco en otros entrenamientos similares, como la actividad física repetitiva al uso. Sin embargo, este tipo de plasticidad es un objeto de estudio difícil debido a la naturaleza del arte en sí mismo, por lo que ha de indagarse en mayor profundidad, incluyendo actividades artísticas no investigadas hasta el momento.

Por último, hay que poner de relieve cómo la plasticidad cerebral asociada a las prácticas artísticas enfatiza los potenciales beneficios reales de la educación en artes. Además, subraya las posibilidades que alberga en lo referente al desarrollo de programas de intervención con poblaciones diversas o a la implementación de proyectos interdisciplinarios de neurorehabilitación.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Referencias

Albusac-Jorge, Miriam (2019). Música, aprendizaje, experiencia y plasticidad cerebral. En Campos de investigación de vanguardia. Madrid: Pirámide (col. Ediciones Universitarias).

Avanzini, Giuliano; Faienza, Carmine; Lopez, Luisa; Majno, María; & Minciocchi, Diego (2003). General Foreword. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), xi-xii. Doi: 10.1196/annals.1284.070. Recuperado de <https://tinyurl.com/y2hp8tnx>

Bar, Rachel J.; & DeSouza, Joseph, F. X. (2016). Tracking Plasticity: Effects of Long-Term Rehearsal in Expert Dancers Encoding Music to Movement. *Plos One*, 11(1), e0147731. Doi: 10.1371/journal.pone.0147731. Recuperado de <https://tinyurl.com/y22twjtn>

Baumann, Simon; Koeneke, Susan; Schmidt, Conny F.; Meyer, Martin; Lutz, Kai; & Jancke, Lutz (2007). A network for audio-motor coordination in skilled pianists and non-musicians. *Brain Research*, 1161, 65-78. Doi: 10.1016/j.brainres.2007.05.045. Recuperado de <https://tinyurl.com/yv3fgkz>

Bermudez, Patrick; & Zatorre, Robert J. (2005). Differences in Gray Matter between Musicians and Nonmusicians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060(1), 395- 399. Doi: 10.1196/annals.1360.057. Recuperado de <https://tinyurl.com/y4a3qm7t>

Bhattacharya, Joydeep; & Petsche, Hellmuth (2002). Shadows of artistry: cortical synchrony during perception and imagery of visual art. *Brain research. Cognitive brain research*, 13(2), 179-186. Doi:10.1016/s0926-6410(01)00110-0. Recuperado de <https://tinyurl.com/y2sm3glc>

Bhattacharya, Joydee; & Petsche, Hellmuth (2005). Drawing on mind's canvas: differences in cortical integration patterns between artists and non-artists. *Human Brain Mapping*, 26(1) 1-14. Doi: 10.1002/hbm.20104. Recuperado de <https://tinyurl.com/y3f3j8ss>

Bhattacharya, Joydee (2009). Increase of Universality in Human Brain during Mental Imagery from Visual Perception. *Plos One* 4(1), e4121. Doi: 10.1371/journal.pone.0004121. Recuperado de <https://tinyurl.com/y32g9r2d>

Bläsing, Bettina; Calvo-Merino, Beatriz; Cross, Emily; Jola, Corinne; Honisch, Juliane; & Stevens, Catherine J. (2012). Neurocognitive control in dance perception and performance. *Acta*

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Psychologica, 139(2), 300-308. Doi: 10.1016/j.actpsy.2011.12.005. Recuperado de <https://tinyurl.com/y4uhy3ju>

Bläsing, Bettina; Puttke-Voss, Martin; & Schack, Thomas (Eds.) (2019). The neurocognition of dance: Mind, movement and motor skills. New York: Routledge.

Brown, Steven; Martínez, Michael J.; & Parsons, Lawrence M. (2006). The neural basis of human dance. Cerebral Cortex, 16(8), 1157-1167. Doi:10.1093/cercor/bhj057. Recuperado de <https://tinyurl.com/y2fcr87y>

Brown, Steven; & Parsons, Lawrence M. (2008). The neuroscience of dance. Scientific American, 299(1), 78-83. Doi: 10.1038/scientificamerican0708-78.

Burzynska, Agnieszka Z.; Finc, Karolina; Taylor, Brittany K.; Knecht, Anya M.; & Kramer, Arthur F. (2017). The Dancing Brain: Structural and Functional Signatures of Expert Dance Training. Frontiers in human neuroscience, 11, 566. Doi: 10.3389/fnhum.2017.00566. Recuperado de <https://tinyurl.com/y6zejgvx>

Cela-Conde, Camilo José; Marty, Gisèle; Maestú, Fernando; Ortiz, Tomás; Munar, Eric; Fernández, Alberto; ... Quesney, Felipe (2004). Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101(16), 6321-6325. Doi: 10.1073/pnas.0401427101. Recuperado de <https://tinyurl.com/ydfcqnha>

Calvo-Merino, Beatriz; Glaser, Daniel E.; Grezes, Julie; Passingham, Richard E.; & Haggard, Patrick (2005). Action observation and acquired motor skills: An FMRI study with expert dancers. Cerebral Cortex 15(8), 1243-1249. Doi: 10.1093/cercor/bhi007. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxgt7fne>

Calvo-Merino, Beatriz; Jola, Corinne; Glaser, Daniel E.; & Haggard, Patrick (2008). Towards a sensorimotor aesthetics of performing art. Consciousness and cognition, 17(3), 911-922. Doi: 10.1016/j.concog.2007.11.003. Recuperado de <https://tinyurl.com/yyop85av>

D'Ausilio, Alessandro; Altenmüller, Eckart; Olivetti Belardinelli, Marta; & Lotze, Martin (2006). Cross-modal plasticity of the motor cortex while listening to a rehearsed musical piece. The European Journal of Neuroscience, 24(3), 955-958. Doi: 10.1111/j.1460-9568.2006.04960.x.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Recuperado de <https://tinyurl.com/y24fbp93>

Dewey, John (1934). *Art as experience*. New York: Minton, Balch & Company.

Eklund, Andres; Nichols, Thomas; Andersson, Mats; & Knutsson, Hans (2015). Empirically investigating the statistical validity of SPM, FSL and AFNI for single subject fMRI analysis. *IEEE 12th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)* (pp. 1376-1380). New York. Doi: 10.1109/ISBI.2015.7164132. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxdgxi8g>

Fauvel, Baptiste; Groussard, Mathilde; Chételat, Gaël; Fouquet, Marine; Landeau, Brigitte, Eustache, Francis, ... Platel, Hervé (2014). Morphological brain plasticity induced by musical expertise is accompanied by modulation of functional connectivity at rest. *NeuroImage*, 90, 179-188. Doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.12.065. Recuperado de <https://tinyurl.com/yyp3q9v9>

Fink, Andreas; Graif, Barbara; & Neubauer, Aljoscha. C. (2009). Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers. *Neuroimage*, 46(3), 854-862. Doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.02.036. Recuperado de <https://tinyurl.com/y5xh2x88>

Gaser, Christian; & Schlaug, Gottfried. (2003). Gray matter differences between musicians and nonmusicians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 514-517. Doi: 10.1196/annals.1284.062. Recuperado de <https://tinyurl.com/y3yc8ujv>

Gebel, Benjamin; Braun, Christoph; Kaza, Evangelia; Altenmüller, Eckart; & Lotze, Martin (2013). Instrument specific brain activation in sensorimotor and auditory representation in musicians. *NeuroImage*, 74, 37-44. Doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.02.021. Recuperado de <https://tinyurl.com/y26f7rtz>

Giacosa, Chiara; Karpati, Falisha J.; Foster, Nicholas E. V.; Penhune, Virginia B.; & Hyde, Krista L. (2016). Dance and music training have different effects on white matter diffusivity in sensorimotor pathways. *NeuroImage*, 135, 273-286. Doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.04.048. Recuperado en <https://tinyurl.com/yy8sfxg4>

Giacosa, Chiara; Karpati, Falisha J.; Foster, Nicholas E. V.; Hyde, Krista L.; & Penhune, Virginia B. (2019). The descending motor tracts are different in dancers and musicians. *Brain Structure and Function*, 224, 3229-3246. Doi: 10.1007/s00429-019-01963-0. Recuperado de <https://tinyurl.com/yy2l3cmb> Gujing, Li; Hui, He; Xin, Li; Lirong, Zhang; Yutong, Yao; Guofeng, Ye; ... Dezhon,

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Yao (2019). Increased Insular Connectivity and Enhanced Empathic Ability Associated with Dance/Music Training. *Neural Plasticity*, 9693109. Doi: 10.1155/2019/9693109. Recuperado de <https://tinyurl.com/y4r6sfh7>

Han, Ying; Yang, Hong; Lv, Ya-Ting; Zhu, Chao-Zhe, He, Yong; Tang, He-Han; ... Dong, Qi (2009). Gray matter density and white matter integrity in pianists' brain: a combined structural and diffusion tensor MRI study. *Neuroscience Letters*, 459(1), 3-6. Doi: 10.1016/j.neulet.2008.07.056. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxvoslxw>

Hänggi, Jürgen; Koeneke, Susan; Bezzola, Ladina; & Jäncke, Lutz (2010). Structural neuroplasticity in the sensorimotor network of professional female ballet dancers. *Human Brain Mapping*, 31(8), 1196-1206. Doi: 10.1002/hbm.20928. Recuperado de <https://tinyurl.com/y5x8wpao>

Herdener, Marcus; Esposito, Fabrizio; di Salle, Francesco; Boller, Christian; Hilti, Caroline C., Habermeyer, Benedikt; ... Cattapan-Ludewig, Katja (2010). Musical Training Induces Functional Plasticity in Human Hippocampus. *The Journal of Neuroscience*, 30(4), 1377-1384. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.4513-09.2010. Recuperado de <https://tinyurl.com/y2ckjvb9>

Herholz, Sibylle C; & Zatorre, Robert J. (2012). Musical training as a framework for brain plasticity: behavior, function, and structure. *Neuron*, 76(3), 486-502. Doi: 10.1016/j.neuron.2012.10.011. Recuperado de <https://tinyurl.com/y69987wy>

Huang, Ruiwang; Lu, Min; Song, Zheng; & Wang, Jun (2015). Long-term intensive training induced brain structural changes in world class gymnasts. *Brain Structure and Function*, 220(2), 625-644. Doi: 10.1007/s00429-013-0677-5. Recuperado de <https://tinyurl.com/y3s2eczr>

Hutchinson, Siobhan; Lee, Leslie Hui-Lin; Gaab, Nadine; & Schlaug, Gottfried (2003). Cerebellar volume of musicians. *Cerebral Cortex*, 13(9), 943-949. Doi: 10.1093/cercor/13.9.943. Recuperado de <https://tinyurl.com/y4onmcjw>

Jäncke, Lutz; Shah, Nadim Jon; & Peters, Michael (2000). Cortical activations in primary and secondary motor areas for complex bimanual movements in professional pianists. *Cognitive Brain Research*, 10(1-2), 177-183. Doi: 10.1016/S0926-6410(00)00028-8. Recuperado de <https://tinyurl.com/y3dwttl9>

Karpati, Falisha J.; Giacosa, Chiara; Foster, Nicholas E. V.; Penhune, Virginia B; & Hyde, Krista L. (2015). Dance and the brain: a review. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337, 140-146. Doi:10.1111/nyas.12632. Recuperado de <https://tinyurl.com/yyge8dqq>

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Karpati, Falisha J.; Giacosa, Chiara; Foster, Nicholas E. V.; Penhune, Virginia B; & Hyde, Krista L. (2017). Dance and music share gray matter structural correlates. *Brain Research*, 1657, 62-73. Doi: 10.1016/j.brainres.2016.11.029. Recuperado de <https://tinyurl.com/y3wsf27h>

Karpati, Falisha J.; Giacosa, Chiara; Foster, Nicholas E. V.; Penhune, Virginia B; & Hyde, Krista L. (2018). Structural Covariance Analysis Reveals Differences Between Dancers and Untrained Controls. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 373. Doi: 10.3389/fnhum.2018.00373. Recuperado de <https://tinyurl.com/y22ecy8y>

Kawabata, Hideaki; & Zeki, Semir (2004). Neural correlates of beauty. *Journal of neurophysiology*, 91(4), 1699-705. Doi: 10.1152/jn.00696.2003. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxlnptfn>

Kelly, A. M. Clare; & Garavan, Hugh (2015). Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice. *Cerebral Cortex*, 15(8), 1089-1102. Doi: 10.1093/cercor/bhi005. Recuperado de <https://tinyurl.com/y6amy42r>

Kim, Young Jae; Cha, Eun Joo; Kang, Kyoung Doo; Kim, Bung-Nyun; & Han, Doug Hyun (2016). The effects of sport dance on brain connectivity and body intelligence. *Journal of Cognitive Psychology*, 28(5), 611-617. Doi: 10.1080/20445911.2016.1177059. Recuperado de <https://tinyurl.com/yvyla4v6>

Koeneke, Susan; Lutz, Kai; Wüstenberg, Torsten; & Jäncke, Lutz (2004). Long-term training affects cerebellar processing in skilled keyboard players. *Neuroreport*, 15(8), 1279-1282. Doi: 10.1097/01.wnr.0000127463.10147.e7. Recuperado de <https://tinyurl.com/yydua4lp>

Kottlow, Mara; Praeg, Elke; Luethy, Christine; & Jäncke, Lutz (2011). Artists' advance: decreased upper alpha power while drawing in artists compared with non-artists. *Brain Topography*, 23(4), 392-402. Doi: 10.1007/s10548-010-0163-9. Recuperado de <https://tinyurl.com/y544mcur>

Lee, Dennis J.; Chen, Yi; & Schlaug, Gottfried (2003). Corpus callosum: musician and gender effects. *Neuroreport*, 14(2), 205-209. Doi: 10.1097/01.wnr.0000053761.76853.41. Recuperado de <https://tinyurl.com/y4rbo24x>

Lin, Chia-Shu; Liu, Yong; Huang, Wei-Yuan; Lu, Chia-Feng; Teng, Shin; Ju Tzong-Ching; ... Hsieh, Jen-Chuen (2013). Sculpting the Intrinsic Modular Organization of Spontaneous Brain Activity by Art. *Plos One*, 8(6), e66761. Doi: 10.1371/journal.pone.0066761. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxuklhzu>

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Livingstone, M. (2002). *Vision and Art: The Biology of Seeing*. New York: Harry N. Abrams.

Lv, Ya-Ting; Yang, Hong; Wang, De-Yi; Li, Shu-Yu; Han, Ying; Zhu, Chao-Zhe; ... Zang, Yu-Feng (2008). Correlations in spontaneous activity and gray matter density between left and right sensorimotor areas of pianists. *Neuroreport*, 19(6), 631-634. Doi: 10.1097/WNR.0b013e3282fa6da0. Recuperado de <https://tinyurl.com/y263yd96>

Makuuchi, Michiru; Kaminaga, Tatsuro; & Sugishita, Morihiro (2003). Both parietal lobes are involved in drawing: a functional MRI study and implications for constructional apraxia. *Brain research. Cognitive brain research*, 16(3), 338-347. Doi: 10.1016/s0926-6410(02)00302-6. Recuperado de <https://tinyurl.com/y4t3w5r4>

Meier, Jessica; Topka, Marlene Sofie; & Hänggi, Jürgen (2016). Differences in cortical representation and structural connectivity of hands and feet between professional handball players and ballet dancers. *Neural Plasticity*, 6817397. Doi: 10.1155/2016/6817397. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxvucloz>

Murillo-García, Álvaro; Villafaina, Santos; Collado-Mateo, Daniel; León-Llamas, Juan Luis; & Gusi, Narcis (2020). Effect of dance therapies on motor-cognitive dual-task performance in middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis. *Disability and Rehabilitation*. Doi: 10.1080/09638288.2020.1735537. Recuperado de <https://tinyurl.com/y6r7obl8>

Müller, Patrick; Rehfeld, Kathrin; Schmicker, Marlen; Hökelmann, Anita; Dordevic, Milos; Lessmann, Volkmar; ... Müller, Notger G. (2017). Evolution of Neuroplasticity in Response to Physical Activity in Old Age: The Case for Dancing. *Frontiers in aging neuroscience*, 9, 56. Doi: 10.3389/fnagi.2017.00056. Recuperado de <https://tinyurl.com/y45v9599>

Nigmatullina, Yuliya; Hellyer, Peter J.; Nachev, Parashkev; Sharp, David J.; & Seemungal, Barry M. (2015). The neuroanatomical correlates of training-related perceptuo-reflex uncoupling in dancers. *Cerebral Cortex*, 25(2), 554-562. Doi: 10.1093/cercor/bht266. Recuperado de <https://tinyurl.com/y532nrby>

Ohnishi, Takashi; Matsuda, Hiroshi; Asada, Takashi; Aruga, Makoto; Hirakata, Makiko; Nishikawa, Masami; ... Imabayashi, Etsuko (2001). Functional anatomy of musical perception in musicians. *Cerebral Cortex*, 11(8), 754-760. Doi: 10.1093/cercor/11.8.754. Recuperado de <https://tinyurl.com/y6pkdfyl>

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Orlandi, Andrea; Zani, Alberto; & Proverbio, Alice Mado (2017). Dance expertise modulates visual sensitivity to complex biological movements. *Neuropsychologia*, 104, 168-181. Doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.08.019. Recuperado de <https://tinyurl.com/y2s8rpug>

Palomar-García, María Ángeles; Zatorre, Robert J.; Ventura-Campos, Noelia; Bueichekú, Elisenda; & Ávila, César (2017). Modulation of Functional Connectivity in Auditory–Motor Networks in Musicians Compared with Nonmusicians. *Cerebral Cortex*, 27(5), 2768-2778. Doi: 10.1093/cercor/bhw120. Recuperado de <https://tinyurl.com/y6y9vso5>

Pauli, Ruth; Bowring, Alexander; Reynolds, Richard; Chen, Gang; Nichols, Thomas E.; & Maumet, Camille (2016). Exploring fMRI Results Space: 31 Variants of an fMRI Analysis in AFNI, FSL, and SPM. *Frontiers in Neuroinformatics*, 10, 24. Doi: 10.3389/fninf.2016.00024. Recuperado de <https://tinyurl.com/y39m6n45>

Poikonen, Hanna; Toiviainen, Petri; & Tervaniemi, Mari (2018a). Dance on cortex: enhanced theta synchrony in experts when watching a dance piece. *The European journal of neuroscience*, 47(5), 433-445. Doi:10.1111/ejn.13838. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxjbmhbo>

Poikonen, Hanna; Toiviainen, Petri; & Tervaniemi, Mari (2018b). Naturalistic music and dance: Cortical phase synchrony in musicians and dancers. *Plos One*, 13(4), e0196065. Doi: 10.1371/journal.pone.0196065. Recuperado de <https://tinyurl.com/yyog3btk>

Porat, Shai; Goukasian, Naira; Hwang, Kristy S.; Zanto, Theodore; Do, Triet; Pierce, Jonathan; ... Apostolova, Liana G. (2016). Dance Experience and Associations with Cortical Gray Matter Thickness in the Aging Population. *Dementia and geriatric cognitive disorders extra*, 6(3), 508-517. Doi: 10.1159/000449130. Recuperado de <https://tinyurl.com/y4mrq8a>

Preminger, Son (2012). Transformative art: art as means for long-term neurocognitive change. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, article 96. Doi: 10.3389/fnhum.2012.00096. Recuperado de <https://tinyurl.com/yy3m6znv>

Ramachandran, Vilayanur S.; & Hirstein, William (1999). The science of art: a neurological theory of aesthetic experience. *Journal of Consciousness Studies*, 6, (6-7), 15-51. Recuperado de <https://tinyurl.com/y5mnqh29>

Rehfeld, Kathrin; Müller, Patrick; Aye, Norman; Schmicker, Marlen; Dordevic, Milos; Kaufmann, Jörn; ... Müller, Notger G. (2017). Dancing or fitness sport? The effects of two training programs on hippocampal plasticity and balance abilities in healthy seniors. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 305. Doi: 10.3389/fnhum.2017.00305. Recuperado de <https://tinyurl.com/y9lcympt>

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Rehfeld, Kathrin; Lüders, Angie; Hökelmann, Anita; Lessmann, Volkmar; Kaufmann, Joern; ... Müller, Notger G. (2018). Dance training is superior to repetitive physical exercise in inducing brain plasticity in the elderly. *Plos One*, 13(7), e0196636. Doi: 10.1371/journal.pone.0196636. Recuperado de <https://tinyurl.com/y5kofobd>

Rosenkranz, Karin; Williamon, Aaron; & Rothwell, John C. (2007). Motorcortical excitability and synaptic plasticity is enhanced in professional musicians. *The Journal of Neuroscience*, 27(19), 5200-5206. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.0836-07.2007. Recuperado de <https://tinyurl.com/yyjxlxc>

Schlaug, Gottfried; Forgeard, Marie; Zhu, Lin; Norton, Andrea; Norton, Andrew; & Winner, Ellen (2009). Training-induced neuroplasticity in young children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 205-208. Doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04842.x. Recuperado de <https://tinyurl.com/yy56e8as>

Schlaug, Gottfried (2015). Musicians and music making as a model for the study of brain plasticity. En E. Altenmüller, S. Finger, & F. Boller (Eds.), *Progress in Brain Research. Music, Neurology, and Neuroscience: Evolution, the Musical Brain, Medical Conditions, and Therapies* (Vol. 217, pp. 37-55). Amsterdam: Elsevier. Doi: 10.1016/bs.pbr.2014.11.020. Recuperado de <https://tinyurl.com/y5oessjz>

Solso, Robert L. (2001). Brain activities in a skilled versus a novice artist: an fMRI study. *Leonardo* 34(1), 31-34. Doi: 10.1162/002409401300052479. Recuperado de <https://tinyurl.com/y5qfkrxb>

Steele, Christopher J.; Bailey, Jennifer A.; Zatorre, Robert J.; & Penhune, Virginia B. (2013). Early Musical Training and White-Matter Plasticity in the Corpus Callosum: Evidence for a Sensitive Period. *Journal of Neuroscience*, 33(3), 1282-1290. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.3578-12.2013. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxztqghu>

Strait, Dana L.; Chan, Karen; Ashley, Richard; & Kraus, Nina (2012). Specialization among the specialized: auditory brainstem function is tuned in to timbre. *Cortex*, 48(3), 360-362. Doi: 10.1016/j.cortex.2011.03.015. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxmfbl2u>

Teixeira-Machado, Lavinia; Arida, Ricardo Mario; & de Jesús Mari, Jair (2019). Dance for neuroplasticity: A descriptive systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 96, 232-240. Doi: 10.1016/j.neubiorev.2018.12.010. Recuperado de <https://tinyurl.com/y4n337ww>

Vollmann, Henning; Ragert, Patrick; Conde, Virginia; Villringer, Arno; Classen, Joseph; Witte,

DOI: <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
Investigación

Otto W.; & Steele, Christopher J. (2014). Instrument specific use-dependent plasticity shapes the anatomical properties of the corpus callosum: a comparison between musicians and non-musicians. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 245. Doi: 10.3389/fnbeh.2014.00245. Recuperado de <https://tinyurl.com/yyhjheyw>

Wan, Catherine Y.; & Schlaug, Gottfried (2010). Music making as a tool for promoting brain plasticity across the life span. *Neuroscientist*, 16(5), 566-577. Doi: 10.1177/1073858410377805. Recuperado de <https://tinyurl.com/y5kmjphp>

Zatorre, Robert J. (2003). Music and the Brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 4-14. Doi: 10.1196/annals.1284.001. Recuperado de <https://tinyurl.com/y2qztqcn>

Zatorre, Robert J.; & Peretz, Isabelle (2001). *The biological foundations of music*. New York: New York Academy of Sciences.

Zatorre, Robert (2005). Music, the food of neuroscience? *Nature*, 434(7031), 312-315. Doi: 10.1038/434312a. Recuperado de <https://tinyurl.com/y3x33y7n>

Zatorre, Robert J.; & Salimpoor, Valorie N. (2013). From perception to pleasure: Music and its neural substrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (Supplement 2), 10430-10437. Doi: 10.1073/pnas.1301228110. Recuperado de <https://tinyurl.com/y2erfoj3>

Zeki, S. (1998). Art and the Brain. *Daedalus*, 127(2), 71-103. Recuperado de <https://tinyurl.com/y5q73h86>

Zeki S. (1999). *Inner Vision: An Exploration of Art and the Brain*. Oxford: Oxford University Press.