

# Usos actuales de la resonancia magnética funcional

Yeison Casierra Carabalí  
Andrés Pinilla Páez Andrés  
Rentería Moreno

---

## Resumen

Este artículo tiene como finalidad la revisión de la literatura científica para recopilar información que trata sobre las aplicaciones actuales de la resonancia magnética funcional, puesto que es un método de las neurociencias que consiste en un procedimiento crítico no invasivo que permite mostrar en imágenes las regiones cerebrales y su funcionamiento. La principal utilidad médica es la de proveer información de las actividades cerebrales y proporcionar un mapeo cerebral, el cual identifica el advenimiento de la oxihemoglobina y el decaimiento de la hemoglobina reducida; mediante este método se pueden descartar o comprobar patologías, como la enfermedad de Parkinson, trastornos de bipolaridad, pacientes con demencia, epilepsias, entre otras patologías que se pueden diagnosticar con esta técnica radiológica.

## Palabras clave

RMF, neuroimágenes, oxigenación sanguínea, mapeo cerebral.

## Introducción

El descubrimiento de la resonancia magnética por Isidor Rabi en 1938 y, posteriormente, Seiji Ogawa en 1990, cuando realizaba estudios con roedores utilizando los principios descubiertos por Isidor Rabi, revelaron la posibilidad de estudiar la actividad cerebral por medio de esta técnica. Ello ocasionó una conmoción en la comunidad médica, y así se dio paso a investigaciones y aplicaciones de la resonancia magnética funcional (RMF) en medicina. Esta técnica se define como una herramienta para la obtención de forma directa de la activación de las áreas cerebrales, mientras se realiza un mapeo para la evaluación de la función motora, del lenguaje o regiones patológicas; este escrito socializa de una manera clara las nuevas técnicas de la resonancia magnética funcional aplicadas a pacientes con alteraciones en diferentes áreas cerebrales.

## Metodología

La construcción de este artículo científico de revisión se realizó por medio de un enfoque cualitativo no experimental que empleó técnicas de recolección de la información y la adecuada organización de datos. De igual manera, se utilizó una matriz sistematizada, cuyo fin fue la filtración de autorías que impactaran en el desarrollo de este.

## Historia de la resonancia magnética funcional

Lo actual de la resonancia magnética funcional, es debido, en un comienzo, a los estudios realizados por Michael Faraday en 1845 sobre las propiedades magnéticas de la sangre desoxigenada, los cuales fueron negativos. En 1935, Corryel y Linus retomaron los estudios realizados por Faraday, y descubrieron que la condición magnética de la hemoglobina cambia según su estado de oxigenación, la cual es fundamental en la elaboración de imágenes BOLD. En 1980, Radda encontró que era posible “registrar los cambios en el nivel de oxígeno de la sangre y realizar un seguimiento de la actividad fisiológica” (1). Posteriormente, en la década de los 90, Ogawa demostró en estudios con ratones, el advenimiento de la oxihemoglobina y el decaimiento de la hemoglobina reducida en un campo magnético. De este modo, dos años más tarde, Ogawa y sus colaboradores llevaron esta investigación al hombre, demostrando en imágenes por resonancia magnética funcional la contestación del cerebro a los diferentes paradigmas realizados. Esta técnica de la neurociencia cognitiva hoy por hoy permite detectar necrosis, corroborar la actividad del cerebro y orientar al cirujano para especificar una lesión (1).

## Usos actuales de la resonancia magnética funcional

Anteriormente, en estudios de la RM (resonancia magnética) de las áreas cerebrales, solo se podía atribuir la ubicación anatómicamente del giro precentral. En la actualidad, y con el arribo de la resonancia magnética funcional y su vertiginoso crecimiento, ha permitido el acceso libre a la “Posibilidad de obtener, localizar y fusionar los resultados de las activaciones cerebrales con la imagen anatómica de alta resolución correspondiente” (2).

Actualmente, se ha posicionado como un instrumento indispensable para el neuroradiólogo y el resto de profesionales de la salud, en la búsqueda de las regiones cerebrales que afecten el dominio auditivo, visual, motor y el habla. Tras la adquisición de un mapeo cerebral, la información será suficiente para que no se irrumpen zonas en lugares cotidianos y sea posible una excelente planeación quirúrgica. Los empleos más destacados en la utilización de esta técnica son los siguientes: ser indicador biológico cerebral, realizando seguimiento a la contestación a los diferentes tratamientos, realización de atlas prequirúrgicos, análisis del estado de rehabilitación de un daño, y evidencia de la actividad anormal de la conformación cerebral (2, 3, 4). De igual

manera, se presentan las patologías, en las cuales se emplea la resonancia magnética funcional como herramienta indispensable para el diagnóstico de estas.

La resonancia magnética funcional se ha utilizado para evaluar las neurociencias cognitivas y su evidencia respecto al tema. Esta técnica de neuroimagen es la más divulgada con respecto a dichas neurociencias cognitivas, ya que es muy eficiente y tiene un rol muy importante para diagnosticar respecto a los sentidos cognitivos y sus deficiencias. En los diferentes estudios realizados, se tuvo en cuenta el problema clásico de definir qué alcance puede tener la estrategia localizacionista en neurociencias; se tuvieron en cuenta las limitaciones que presenta la Resonancia Magnética Funcional, evidenciando algunas cuyo tratamiento pone en duda las problemáticas en un sentido técnico. Previamente, el Armony realizó investigaciones que le permitieron confirmar, ampliar el tema y también descartar modelos teóricos que tratan sobre el funcionamiento cerebral (5, 6).

La resonancia magnética funcional también ha sido empleada para el diagnóstico de los trastornos de alimentación (7); investigadores determinaron que, aunque la TCA (trastorno de la conducta alimenticia) es un grupo de trastornos

mentales de causa desconocida que se relaciona con los factores biológicos y psicosociales, su inicio es más común en la adolescencia y se presenta en gran mayoría en pacientes mujeres. Diferentes estudios demuestran que estos pacientes diagnosticados de anorexia nerviosa incurrir en alteraciones neuronales. Las alteraciones más frecuentes son la disminución del volumen cerebral, alteraciones en los niveles de los neurotransmisores, flujo sanguíneo y metabolismo cerebral disminuido. De igual manera, se detecta el bajo nivel en test cognitivos. Sin importar lo valiosa de esta investigación, sus descubrimientos no son incuestionables y falta seguir con este tipo de investigación para permitir identificar las áreas cerebrales comprometidas en el síndrome que caracteriza la TCA (7).

Congruentemente, la resonancia magnética funcional mediante la unión de varios factores como “la actividad neuronal, metabolismo y el flujo sanguíneo, registra cambios hemodinámicos cerebrales que acompañan la activación neuronal”. Debido a una técnica utilizada que recibe el nombre de BOLD (Blood Oxygen Level Dependent), la cual aporta el estudio de neoplasias en el interior del cerebro, en pacientes previos a una intervención quirúrgica (8).

Por otra parte, la neuroanatomía ha utilizado la RMF para el diagnóstico de trastorno de déficit de atención/hiperactividad en adultos; en algún momento se pensaba que los pacientes niños diagnosticados con el TDAH (trastorno de déficit de atención/hiperactividad) superaban sus efectos al llegar a una etapa adolescente, pero se ha demostrado que el 70 % de los niños con este trastorno seguían presentando los síntomas en la edad adulta. Los estudios realizados en adultos permiten visualizar alteraciones cerebrales a nivel estructural, funcional y en conectividad; estas alteraciones se visualizan principalmente en el córtex frontal inferior y prefrontal dorso lateral, también en regiones estriatales del cíngulo anterior, parietotemporales y cerebrales. Sin embargo, se han podido evidenciar inconsistencias debido a varios factores como la presencia de más trastornos, el género o el reducido número de pacientes (9). Este método también ha sido de gran utilidad en diagnóstico de déficit de atención y de agresión impulsiva infantil. Los investigadores han definido el TDA como un padecimiento neuroconductual que inicia en la infancia y cuyos síntomas son la inhibición motora e impulsividad conductual.

Así mismo, la RMF demuestra que los pacientes con TDA son susceptibles

a la interferencia cognitiva, y se evidencia que los pacientes que realizan la tarea stroop o interferencia desencadenan las redes de actividad neuronal. De igual manera, se evidencia la ausencia en la actividad predominante de la corteza del cíngulo durante el proceso de atención selectiva en comparación con pacientes sanos (10).

En cuanto a pacientes adultos eutímicos con trastorno bipolar tipo 1, es meritorio seguir la exploración a este trastorno donde se realizó un estudio funcional, en el cual se ordenó una serie de paradigmas, dando resultados incoherentes respecto a lo que se esperaba. Téngase en cuenta que se logró alcanzar la caracterización de regiones cerebrales como son, zona del lóbulo parietal, córtex del cíngulo anterior, ventromedial de la corteza prefrontal (11).

La resonancia magnética funcional se ha destacado revolucionariamente en comparación con otras técnicas imagenológicas no invasivas, debido a que contiene tanto una buena resolución espacial como temporal. La base de esta técnica es observar el cambio en la concentración de desoxihemoglobina local. Esto causará un cambio del magnetismo local que, a su vez, es detectado por el resonador; la señal que obtiene es depurada del ruido circuncidante que se

genera por múltiples circunstancias, lo que arroja como resultado una información de gran importancia para el área de las neurociencias en aplicaciones clínicas quirúrgicas o no quirúrgicas (12).

Ahora bien, la enfermedad de Alzheimer, la cual es una de las principales causas de demencia en personas mayores en el mundo, está categorizada como una enfermedad degenerativa. Se define como “proceso de muerte neuronal progresivo atribuido a la acumulación de proteínas anómalas como beta amiloide, proteína TALL”. En estudios funcionales realizados a pacientes con enfermedad de Alzheimer, se evidenció que los sistemas conexionistas presentan una estructuración anómala. En consecuencia, se afirma que no solo se afectan áreas cerebrales determinadas, sino también evaluar la funcionalidad y configuración cerebral (13). La RMF proporciona información relevante para dicho cometido, mediante el mapeo de funciones cognitivas elocuentes, ya que aporta datos que pueden predecir la probabilidad de que el paciente sufra un déficit cognitivo secundario a la intervención. La aplicación de la RMF se ha realizado en diversas funciones cognitivas, en pacientes candidatos a neurocirugía que recogen desde funciones motoras, sensitivas, de lenguaje, de memoria, hasta funciones

auditivas y visuales. Como hemos visto, los pacientes con ELT presentan alteraciones posquirúrgicas principalmente en funciones de memoria y lenguaje. En consecuencia, nuestro protocolo recoge diversas tareas con el fin de evaluar dichas funciones cognitivas (14).

Diferentes estudios se han realizado para evaluar a los pacientes con la enfermedad de Alzheimer utilizando la resonancia magnética como herramienta de análisis. En este sentido, se realizó una investigación donde se menciona que la conectividad funcional cerebral, se describe cómo la coordinación de diferentes regiones cerebrales durante una tarea o en estado de reposo refleja la dependencia estadística entre dos señales fisiológicas, proporcionando información sobre la interacción funcional entre las correspondientes regiones del cerebro.

En otras investigaciones se ha empleado la resonancia magnética funcional junto con un dispositivo para la marcha, con el interés de poder observar cuales áreas del cerebro se activan con el movimiento repetitivo de las extremidades inferiores. En este estudio, se utilizaron diez y nueve pacientes sanos que se guían por dos señales visuales para que realicen movimiento en los miembros inferiores, con lo cual se determinó que las piernas se conectan con una red bilateral

que la compone la corteza sensomotora primaria y secundaria, el área motora suplementaria, la corteza premotora, corteza prefrontal, lóbulo parietal superior e inferior, putamen y cerebelo (15).

Igualmente, abarca el empleo del reflejo palmomentoniano, el cual se define como un reflejo anormal automático del músculo maseterino, donde se considera indeterminado ya que se puede exhibir en un individuo enfermo o sano. Otros investigadores advierten de la necesidad de emplear procedimientos más susceptibles para la localización del reflejo mencionado anteriormente, debido a que solamente permite reconocer “parcialmente la integración del RPM. La relación con la latencia prolongada al mostrar zonas de activación parietales contralaterales al sitio de evocación, independientemente de la respuesta clínica observada” (16).

En otros estudios, García, Berda y Madrid (17) destacan la resonancia magnética funcional, realizando un análisis de los aplicativos a la rivalidad binocular y mencionan la percepción visual de un objeto cuando se forma en ambas retinas, resaltando que esta capacidad es gracias a un proceso llamado fusión, en el cual se observan las propiedades fisiológicas y geométricas. En caso de que cada ojo reciba activaciones diferentes, transmitirá

dos tipos de informaciones distintas al cerebro y se producirá en el caso de la rivalidad binocular, una supresión. Así, predominará el estímulo de un ojo mientras que el otro será suprimido. Pasado un tiempo, el segundo ojo predominará y el estímulo del primer ojo será suprimido y este ciclo se prolongará mientras se tenga la misma estimulación (17).

Por otro lado, algunos autores relatan su investigación en sujetos con TDAH y sanos utilizando la técnica neuroimágenes RMF, lo que demuestra que en los sujetos sanos mostraban menos activación cerebral de las regiones parietal derecho y el lóbulo frontal bilateral durante la realización de un paradigma, en cuanto a los sujetos con TDAH expuesto al medicamento metilfenidato, se aumentó la actividad cerebral en los lóbulos parietal derecho, temporal bilateral, cerebelo izquierdo y lóbulo frontal (18).

Otro uso de la RMF es demostrar la lateralidad del lenguaje importante para preabordaje quirúrgico en sujetos con epilepsia refractaria, el cual es manifestado en su utilización en “lesiones frontooperculares del área de Broca un paradigma de lenguaje productivo (de expresión) basado en la generación de verbos y la fluencia verbal. Para las lesiones parietotemporales del hemisferio dominante que comprometan el sector

posterior de la circunvolución temporal superior del hemisferio dominante se utiliza un protocolo de lenguaje receptivo siendo aleatoria la magnitud de la activación” (19).

Se retoma un estudio de resonancia magnética funcional basado en el *continuous performance test* en el que se quería estudiar el sustrato neural de la memoria trabajo y la atención sostenida. Así, se demuestra que esta técnica se agrupó a un “patrón de activación cerebral caracterizado por activaciones relacionadas con la atención sostenida y la memoria de trabajo, el cual implica una red formada por regiones frontales, parietales y occipitales. Los datos obtenidos pueden considerarse como normativos y sugieren que la tarea de CPT-IP desarrollada podría ser una buena herramienta para evaluar las dificultades de atención y de memoria de trabajo en diferentes trastornos, como la discalculia” (20).

Esta misma imagen funcional de resonancia magnética (fMRI), se ha utilizado en otros estudios para evaluar las activaciones emotivas correlacionadas a la presentación de rostros extraños o del propio rostro en sujetos con personalidad *inward* y *outward*, donde se afirma que las emociones desempeñan un rol fundamental en la modificación de las

funciones psicofisiológicas y en la expresión de los comportamientos; como ha sido notado por la escuela hipocrática, ellas también condicionan el funcionamiento de las distintas estructuras somáticas.

En tiempos recientes, el estudio psicofisiológico de las emociones ha permitido dar luces sobre los canales de relación entre mente y soma, y de aquellos procesos que están a la base tanto de la salud mental como de la psicopatología, en el continuum que existe entre ambas. Con este propósito, Papez, ha sido de los primeros en notar que “el hipotálamo, los núcleos anteriores del tálamo, el giro del cíngulo, el hipocampo y sus conexiones constituyen un mecanismo armónico que suscita internamente las emociones, y al mismo tiempo contribuyen a organizar las respuestas emotivas#. Esta observación está inserta en un panorama cognoscitivo que ha permitido puntualizar que las estructuras límbicas están implicadas en la inducción de las expresiones emotivas en correlación a los estímulos sensoriales, mientras que el componente cortical es el responsable de la elaboración explícita y semántica de las distintas experiencias emotivas (21).

Esta técnica de neuroimágenes se ha convertido en una importante herramienta para evaluar trastornos cerebrales, lo

cual permite determinar alteraciones de la sustancia blanca y la manifestación detallada de los tejidos blandos. “Utilizando esta técnica se han encontrado anomalías en la activación cerebral durante tareas cognitivas y emocionales en las regiones frontales, subcorticales y límbicas de pacientes bipolares” (22).

Por otra parte, en estudios funcionales en la enfermedad de Parkinson, se demostró la susceptibilidad en áreas de la corteza cerebral debido a las tareas motoras a las cuales fueron expuestas, permitiendo exhibir la modificación producida por una lesión del núcleo subtalámico en sujetos con enfermedad de Parkinson (23).

En recientes estudios con RMF, se ha demostrado en pacientes con trastorno obsesivo-compulsivo, la activación cerebral de regiones como el núcleo caudado y la corteza prefrontal. “Otros autores han encontrado hiperactividad en el córtex cingulado, tanto anterior como posterior, en tareas de go/no-go, mientras que otros autores han encontrado actividad disminuida en estas mismas áreas. Muestra que los sujetos obsesivos presentan un patrón de hipoactivación del circuito frontoestriadotalámico relacionado con la inhibición de respuesta” (24).

En lo que respecta a la implementación de la resonancia magnética funcional para evaluar la patología de fibromialgia con unos estudios adicionales, estos mostraron las regiones cerebrales afectadas en la percepción y la respuesta a algún dolor, se han definido ampliamente por numerosos estudios de neuroimágenes funcionales. Se hizo el estudio a voluntarios sanos y en pacientes con dolor, encontrando las regiones cerebrales comprometidas, las cuales son el “cíngulo anterior, la ínsula, la corteza prefrontal, la corteza somato sensorial primaria y secundaria y los ganglios basales”. Se cree que dicha activación de las regiones cerebrales nombradas anteriormente puede ser controlada por un componente sensorial o uno emocional del dolor. Dicho elemento determina en gran parte el umbral de afirmación del dolor, dependiendo del estímulo se evidencia que es doloroso. Por otra parte, se encontró que el dolor es evidentemente menor en pacientes con un diagnóstico de dolor funcional crónico, como en la fibromialgia (FM), se encontraron resultados de control en pacientes sanos, lo cual ha motivado que estos síndromes se estén designando, en conjunto, como síndromes de susceptibilidad central (25).

Uno de los usos populares de la RMF es realizar un mapeo cerebral sensitivo motor, dado que no requiere diseños experimentales complejos: es suficiente un movimiento repetido de pinza en lapsos definidos y el efecto BOLD es estable, de forma tal que es posible reproducirlo en otros sujetos. Y se afirma que mediante técnicas de imágenes por resonancia magnética de la “Conectividad funcional es posible levantar mapas de la corteza sensitivo-motora que incluyen el área motora suplementaria, la corteza sensitivo motora primaria y la corteza premotora”. Estos mapas corresponden a las activaciones vistas por FMRI en tareas motoras con las dos manos y su uso clínico ya ha sido reportado en la planeación de cirugías. Se ha informado que la pérdida de conectividad entre hemisferios en la red sensitivo-motora, evaluada por FMRI, está relacionada con los posibles déficits motores presentes en los individuos afectados por un accidente cerebrovascular (26).

En la actualidad, el empleo de la RMF en la epilepsia asciende vertiginosamente, proponiendo en un futuro ser de mucho interés, debido a la adquisición de imágenes funcionales en episodios convulsivos, garantizando la detección precoz de las áreas cerebrales que afectan a los pacientes epileptónicos (27).

En lo que respecta a la unión de la tractografía y la RMF, promete ser de mucha utilidad en los próximos años, debido a los diferentes desafíos que pretende resolver como es el efecto de masa. Actualmente, garantiza la delimitación de regiones cerebrales, contribuyendo al neurocirujano con la suficiente información para dar un diagnóstico y realizar una intervención quirúrgica sin complicaciones a futuro, y que además garantiza la no creación de un déficit cognitivo, aunque se mantiene el inconveniente de la deformación cerebral en directo, pero es el reto a determinar en futuras investigaciones (28)

Por otra parte, en estudios funcionales sobre la demencia se descubrió: “Mediante una semilla en el hipocampo derecho se obtiene su conectividad en color azul-celeste, y mediante una semilla en el hipocampo izquierdo se obtiene su conectividad en color rojo-amarillo” (29), es de gran aportación este hallazgo permitiendo la posibilidad de realizar un abordaje quirúrgico.

## Discusión

Según los resultados del presente artículo, se encontró que la resonancia magnética funcional es un método cuya aplicación ha arrojado resultados efectivos, enfocándola varias patologías, como

lo es el Parkinson, Alzheimer, fibromialgia, entre otras, haciendo que esta sea una herramienta diagnóstica de poca exploración, lo cual conlleva la subutilización de dicho método.

El presente estudio, con una recopilación de información bibliográfica, permite reconocer su utilidad y eficacia en el diagnóstico clínico, donde además se demuestran claramente las nuevas tecnologías y aplicativos de equipos médicos para poder reconocer nuevas formas diagnósticas en imagenología.

## Conclusiones

La Resonancia Magnética Funcional es una herramienta muy importante en el estudio de la actividad cerebral que ha crecido vertiginosamente en los últimos años. Esta técnica de neuroimágenes permite obtener ilustraciones anatómicas adecuadas para una ubicación precisa del área de interés. Posibilita realizar aseQUIblemente mapeo cerebral, que ayuda en la planificación, tanto en patologías y trastornos cerebrales como evaluaciones prequirúrgicas, áreas cerebrales del lenguaje, trastornos bipolares, neuroimágenes en demencia, entre otros.

A pesar de que la RMF es una técnica radiológica nueva, se ha podido determinar qué áreas del cerebro son las afectadas, dependiendo de la patología

que padezca el paciente; sin embargo, falta mucho por descubrir y mucho por investigar al respecto de esta maravillosa técnica, ya que muchas de sus investigaciones son inconclusas, pero se observa

un panorama hacia el futuro excelente para determinar patologías cognitivas y prometedor respecto a las neuroimágenes, presentando una nueva vista del cerebro.

## Referencias

1. El desarrollo de la resonancia magnética. [Internet]. Disponible en: [http://www7.nationalacademies.org/spanishbeyonddiscovery/bio\\_007590-06.html](http://www7.nationalacademies.org/spanishbeyonddiscovery/bio_007590-06.html).
2. Delgado A, Rascovsky S, Sanz A, Castrillón JG. Introducción a la práctica a la resonancia magnética funcional cerebral (RMF). Rev. Colomb. Radiol. [Internet]. 2008 (citado 2017 mar 19);19(1):2300-9. Disponible en: <http://oldsite.acronline.org/LinkClick.aspx?fileticket=NN7oc1A0KNU%3D&tabid=107>.
3. Sell E. Functional magnetic resonance. Medicina (B. Aires) [Internet]. 2007 [citado 2017 Mar 04];67(6 Suppl 1): 661-664. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0025-76802007000700015&lng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802007000700015&lng=es).
4. Ríos M. Neuropsicología y resonancia magnética funcional: conceptos generales. Radiología. [Internet] 2008 (citado 19 marzo 2017);50(5):351-365. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033833808760508>.
5. Venturelli AN. Evidencia y neurociencias cognitivas: El caso de la resonancia magnética funcional. Tópicos, Rev. de filosofía [internet] 2016, (citado 2017 mar 19);50:177-207. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-66492016000100008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-66492016000100008).
6. Armony JL, Martínez DT, Hernández D. Resonancia Magnética Funcional (RMF). Principios y aplicaciones en Neuropsicología y Neurociencias Cognitivas, Rev. Neurol Latino [internet] 2012 (2017 mar 19);4(2):36-50. Disponible en: [http://www.neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia\\_Latinoamericana/article/view/103](http://www.neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia_Latinoamericana/article/view/103).
7. De Anta L, Molina H, Díaz M, Carrasco JL. Estudios de resonancia magnética funcional en los trastornos de la conducta alimentaria. Actas Esp psiquiatr. [Internet] 2010 (citado 2019 mar 19);38(3):183-188. Disponible en: <https://www.actaspsiquiatria.es/repositorio/11/63/ESP/11-63-ESP-182-188-396068.pdf>.
8. Pujol J, Vendrell P, Deus J, Mataró M, Capdevila A, Martí-Vilalta JL. Study of cerebral activity with functional magnetic resonance. Med Clin (Barc). [Internet];1995 (citado 2017 mar 19);104(1):1-5. Disponible en: [http://sid.usal.es/idocs/f8/art12945/resonancia\\_magnetica\\_funcional.pdf](http://sid.usal.es/idocs/f8/art12945/resonancia_magnetica_funcional.pdf).

9. Ramos JA, Picado M, Mallorqui N, Vilarrroya O, Palomar G, Richarte V, Vidal R. Casas neuroanatomía del trastorno por déficit de atención/hiperactividad en el adulto: hallazgos de neuroimagen estructural y funcional. *Rev Neurol*. [Internet] 2013 (citado 2017 mar 19);56:593-106.
10. Mercadillo R, Sánchez-Rey A, Sánchez-Cortázar J, Ramírez E, Barrios F. Resonancia magnética funcional en el diagnóstico clínico del déficit de atención y de la agresión impulsiva infantil: una propuesta exploratoria. *Salud Ment* [internet] 2011 [citado 2017 mar 19];34(1):11-20. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33252011000100002&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252011000100002&lng=es).
11. Vargas C, Correa A, García J, López C. Resonancia magnética funcional en pacientes adultos eutímicos con trastorno bipolar tipo 1: una visión neuropsicológica y neurofuncional. *Rev. Colomb Psiquiatría* [Internet] 2011;40(5):183-197. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74502011000500013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502011000500013).
12. Ascencio JL, Arbeláez A, Londoño A. Resonancia magnética funcional. *Acta Neural Colomb*. [Internet] 2006 (2017 mar 19);22:66-76. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Ascencio3/publication/242763425\\_Resonancia\\_magnetica\\_funcional/links/552289d50cf29dcabb0d74ba.pdf?origin=publication\\_list](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Ascencio3/publication/242763425_Resonancia_magnetica_funcional/links/552289d50cf29dcabb0d74ba.pdf?origin=publication_list).
13. Aldana CA, Buitrago E. Actualidad en la investigación de electroencefalograma - resonancia magnética funcional simultáneos en el estudio de epilepsia y dolor *Rev. Cuban Investigaciones Biomed*. [Internet] 2013 (citado 2017 mar 19);32(1):29-47. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v32n1/ibi04113.pdf>.
14. San Juan A, Villanueva V, Ávila C. Evaluación prequirúrgica del lenguaje y la memoria mediante técnicas de resonancia magnética funcional en pacientes con epilepsia farmacoresistente. *Rev. Neurol*. [Internet] 2008 (citado 2017 mar 19); 46(1):25-28. Disponible en: <http://pesquisa.bvsalud.org/bvsvs/resource/es/ibc-149171>.
15. Martínez M, Villagra F, Loayza F. Dispositivo de resonancia magnética funcional para examinar la activación cerebral relacionada con el stepping. *IEEE* [Internet] 2014 (citado 2017 mar 19);33.1044-1053. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/269927905\\_Dispositivo\\_de\\_resonancia\\_magnetica\\_funcional\\_para\\_examinar\\_la\\_activacion\\_cerebral\\_relacionada\\_con\\_el\\_stepping](https://www.researchgate.net/publication/269927905_Dispositivo_de_resonancia_magnetica_funcional_para_examinar_la_activacion_cerebral_relacionada_con_el_stepping)
16. Lima JM, Ruiz MC, Álvarez LE, Chiquete E, Calderón LC. Exploración mediante resonancia magnética funcional (IRMF) del Reflejo palmomentoniano. *Rev. mex neuroci*. [Internet] 2009 (citado 2017 mar 19);10(5):336-339. Disponible en: <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDARTICULO=44654>
17. García F, Berda L, Madrid D. Estudio de la rivalidad binocular mediante FMRI. *Dialnet Plus* [Internet] 2011 (citado 2017 mar 19);463:34-40. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?Codigo=4085990>
18. González AA, Barrios FA, De la Serna JM, Cocula H. Metilfenidato y memoria a corto plazo en mujeres jóvenes con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. Estudio de resonancia magnética funcional. *Rev. Neurol*. [Internet] 2009 (citado 2017 mar 19);48(10):509-514. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Fabiola\\_Gomez-Velazquez/publication/24420038\\_Methylphenidate\\_and\\_short-term\\_memory\\_in\\_young\\_females\\_with](https://www.researchgate.net/profile/Fabiola_Gomez-Velazquez/publication/24420038_Methylphenidate_and_short-term_memory_in_young_females_with)

- attention\_deficit\_hyperactivity\_disorder\_A\_study\_using\_functional\_magnetic\_resonance\_imaging/links/02bfe5123a7f9e86be000000.pdf?origin=publication\_detail
19. Drammatico D, Romero C. Áreas corticales elocuentes: Estudio con RMF. Bases fisiológicas, procedimiento y aplicaciones clínicas. *Rev. Arge Neuroc.* [Internet] 2010 (citado 2017 mar 19);24:107. Recuperado de: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-15322010000400013](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-15322010000400013)
20. Bartes M, Adan A, Sole J, Caldu X, Falcón C. Bases cerebrales de la atención sostenida y la memoria de trabajo: un estudio de resonancia magnética funcional basado en el Continuous Performance Test. *Rev. Neurol* [Internet] 2014 (citado 2017 mar 19);58(7):289-295.
21. Nardi B et al. Estudio mediante imagen funcional de resonancia magnética (fMRI) de las activaciones emotivas correlacionadas a la presentación de rostros extraños o del propio rostro en sujetos con personalidad inward y outward. *Rev. chil. neuro-psiquiatr.* [Internet]. 2008 (citado 2017 mar 19);46(3):168-181. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92272008000300002&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92272008000300002&lng=es). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92272008000300002>.
22. López-Jaramillo C, Correa-Palacio A, Delgado J, Lopera-Vásquez J, Rascovsky, S, Castrillón et al. Diferencias en la resonancia magnética funcional en pacientes con trastorno bipolar usando un paradigma de memoria de trabajo. *Rev. colomb. psiquiatr.* [internet] 2010 (citado 2017 mar 04);39(3):481-492. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74502010000300004&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502010000300004&lng=en).
23. Rodríguez R, Palmero R, Macías R, Carballo M. Estudio de la actividad cerebral mediante resonancia magnética funcional en el estudio de la enfermedad de Parkinson. [internet] 2003 (citado 2017 mar 19). Disponible: [https://www.researchgate.net/publication/228583101\\_Estudio\\_de\\_la\\_actividad\\_cerebral\\_mediante\\_Resonancia\\_Magnetica\\_Funcional\\_en\\_el\\_estudio\\_de\\_la\\_Enfermedad\\_de\\_Parkinson](https://www.researchgate.net/publication/228583101_Estudio_de_la_actividad_cerebral_mediante_Resonancia_Magnetica_Funcional_en_el_estudio_de_la_Enfermedad_de_Parkinson).
24. Pena J, Ruiz MA, Barros A. Neurobiología del trastorno obsesivo-compulsivo: aportaciones desde la resonancia magnética funcional. *Rev. Neurol* [internet] 2010 (citado 2017 mar 19);50:541-150. Disponible en: <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/28726>.
25. Deus Y, López-Sola M, Pujol J. Usefulness of functional magnetic resonance imaging in the evaluation of pain. Practical application in fibromyalgia. [Internet] 2012 (citado 2017 mar 19);27(1):19-27. Disponible en: <http://www.jano.es/ficheros/sumarios/1/68/1560/40/1v68n1560a13073765pdf001.pdf>.
26. Ochoa JF, Ascencio JL, Suárez JC. Aplicación de técnicas avanzadas de neuroimágenes en rehabilitación motora. *Biomédica* [Internet] 2014 (citado 2017 mar 19);34:330-9. Disponible en: <http://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1868>.
27. De los Ríos F, Mayor LC., Burneo JG. Neuroimágenes en epilepsia. *Rev. Neuro-Psiquiat.* [Internet] 2006 (citado 2017 mar 19);69(1-4). Disponible en: <http://www.upch.edu.pe/vrinve/dugic/revistas/index.php/RNP/article/download/1607/1635>.
28. Rojas C, Cordovez J, Gálvez M, Cisternas J, Asahi T, Bravo E. Uso combinado de resonancia magnética funcional (fMRI) y

- tractografía para seleccionar tractos específicos de sustancia blanca: experiencia preliminar. *Rev. chil. radiol.* [Internet]. 2008 (citado 2017 mar 19);14(4):227-230. Recuperado de: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-93082008000400007&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082008000400007&lng=es). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082008000400007>.
29. Rojas G, Ladrón de GJ. Neuroimágenes en Demencias. *Rev. Med Clin Condes*, [Internet] 2016 (citado 2017 mar 30);27(3):338-356. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864016300359>
30. Hyung SK, Hyun M, Hyun JK, Sang PH, Jang YP, Hoon J. Desarrollo de un simple estimulador de presión y calor Magnéticos funcionales intra e interdigitales. *Resonancia, Behav Res.* [internet] 2014, (citado 2017 mar 19);46:396-405.
31. Rojas, G., Ladron de G, J. Neuroimagenes en Demencias, *Rev. Med Clin Condes*, [internet],2016, (citado marzo 30 2017),27(3);338-356. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864016300359>.
32. Boland, EG., Selvarajah, D., Hunter, M., Ezaydi, Y. Tratamiento central del dolor en la quimioterapia crónica Neuropatía periférica: Una función magnética Estudio de Resonancia por imagen, *PlosOne*, [internet],2014, (citado 19 marzo 2017) ;9(5): e96474. Recuperado de: <https://drive.google.com/drive/folders/0B7cq-gCgxtMhWd25SbUJGUkxiR2s>.
33. Ardila, A., Bernal, B., Rosselli, M. Área cerebral del lenguaje: una reconsideración funcional. *Rev. Neurol* [internet],2016, (citado 30 marzo 2017); 62: 97-106. Disponible en:<https://www.neurologia.com/articulo/2015286> Martínez A,Neuroimágenes y neurodisciplinas: sobre ciertas limitaciones de la utilización de la imagen por resonancia magnética funcional (irmf), *Rev. Inter Filosofía*,[internet],2013,(citado marzo 30 2017);59:115 123 Recuperado de: <http://revistas.um.es/daimon/article/view-File/169761/150691>.
34. Paz, J., Salgado, P., Gómez, S. Utilidad de la técnica BOLD de resonancia magnética funcional en los tumores intracraniales de pacientes pre quirúrgicos, *Arch neurocienc.* [internet],2007, (citado 19 marzo 2017);12(3):.152-161. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2007/ane073d.pdf>.
35. Petisco, J. Una mirada a la detección de mentiras empleando fMRI,IEEE.ES[internet],2015,(citado marzo 30 2017),82. Recuperado de: [http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_opinion/2015/DIEEEO82-2015\\_Mirada\\_DeteccionMentiras\\_FMRI\\_PetiscoRguez.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2015/DIEEEO82-2015_Mirada_DeteccionMentiras_FMRI_PetiscoRguez.pdf).
36. Leftin, A., Roussel, T., Frydman, L. Resonancia magnética funcional hiperpolarizada de Músculo Esquelético Murino Habilitado por TracerParadigm Múltiple Sincronizaciones, *PlosOne*[internet],2014, (citado 19 marzo 2017);9(4): e96399. Recuperado de: <https://drive.google.com/drive/folders/0B7cq-gCgxtMhWd25SbUJGUkxiR2s>.
37. Alcazar, MA. La alteración estructural y funcional de los circuitos cerebrales implicados en la modulación emocional está asociada a la aparición de conductas violentas, *Rev. Neurol*, [internet],2010, (citado 19 marzo 2017);50:291-299. Recuperado de: <http://www.neurologia.com/articulo/2009316>.
38. Montes, N., Herrera, DA., Vargas, SA. Resonancia magnética cerebral funcional en la evaluación prequirúrgica de malformaciones vasculares, *Rev. Colomb Radiol*, [internet], 2010, (citado 19 marzo 2017);21(4):3013-13.

Recuperado de: [http://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/junio11/colombia/col\\_espanol.pdf](http://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/junio11/colombia/col_espanol.pdf).

39. Q Guo, et al. Una revisión sistemática de la notificación de los cálculos del tamaño de Componentes de datos correspondientes en las Estudios de resonancia, *Neuroimage*, [internet], 2014, (citado 19 marzo 2017); 8:172-181. Recuperado de: <https://drive.google.com/drive/folders/0B7cqgCgxtMhWd25SbUJGUkxiR2s>.

40. Boix, R., Barcelo, C., Cornet, J., Vilanova, J.C. Selección de pacientes candidatos a biopsia prostática mediante técnicas de Resonancia Magnética Funcional en el seguimiento por elevación del PSA, *Arch. Esp. Urol.* [internet], 2015, (citado 19 marzo 2017); 68(3):334-348. Recuperado de: <http://pesquisa.bvsalud.org/oncologiauy/resource/es/ibc-136566>.

41. Chong, YW., Zhimin, Z., Pew, T. Interrupción de la red funcional del cerebro en el trastorno de adicción a Internet: Estudio por resonancia magnética funcional, *PlosOne*, [internet], 2014, (citación 19 marzo 2017); 9(9):107306. Recuperado de: <https://drive.google.com/drive/folders/0B7cqgCgxtMhWd25SbUJGUkxiR2s>.

42. Raquel, G., Turetsky, B., Loughhead, J. Investigación de los circuitos de atención visual en la esquizofrenia mediante resonancia magnética funcional bajo un paradigma de rareza, *Am J Psychiatry* (ed esp), [internet], 2007, (citado marzo 2017); 10:345-352. Recuperado de: <http://www.psiquiatria.com/diagnostico46/investigacion-de-los-circuitos-de-atencion-visual-en-la-esquizofrenia-mediante-resonancia-magnetica-funcional-bajo-un-paradigma-de-rareza/#>.

43. Gur, RE., Gur, RC. Functional magnetic resonance imaging in schizophrenia. *Dialogues*

*Clin Neurosci* [internet] 2010 (citado 19 marzo 2017); 12(3):333-343. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3181978/>.

44. Reyes, JG., Saucedo, N, Escalante, FJ., Galarza, GJ., Ramírez, NM. Evaluación de la actividad cortical cerebral, mediante resonancia magnética funcional, de pacientes con trastorno obsesivo compulsivo, *Anales Radiol.* [internet], 2015, (citado 19 marzo 2017); 14:411-419. Recuperado de: <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDARTICULO=62292>.

45. Russell, A. El futuro de la IRMf en Neurociencia Cognitiva. *Neuroimage* [internet], 2014, (citado 30 marzo 2017); 62(2):1216-1220. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21856431>.

46. Proal, E., Álvarez, M., De la Iglesia, M., Castellanos, X. Actividad funcional cerebral en estado de reposo, *Rev. Neurol.* [internet], 2011, (citado 19 marzo 2017); 52(1):3-10. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4418791/>.

47. Markarian, MF., Villarreal, GM., Giavitto, E., Nagel. Resonancia Magnética por imágenes aplicada a enfermedad de la neurona motora. *Rev. argent Radiol.* [internet], 2005; 69:255. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/3825/382538438002.pdf>.

48. Marino, J., Redondo, S., Luna, F., Sánchez, LM., Foa, G. Actividad cerebral medida con resonancia magnética funcional durante la prueba de fluidez de acciones. *Rev. Neuro Latino*, [internet], 2012, (citado 19 marzo 2017); 4(4):28-36. Recuperado de: [http://neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia\\_Latinoamericana/article/view/130](http://neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia_Latinoamericana/article/view/130).

49. Keightley, M., Saluja, R., Chen, JK., Gagnon, I. Un estudio funcional de resonancia magnética De la Memoria de Trabajo en la Juventud después de la conmoción relacionada con el deporte: ¿sigue funcionando? *Journal neurotrauma*, [internet],2014, (citado 19 marzo 2017);31:437-451. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24070614>.

50. Alcázar, MA. La alteración estructural y funcional de los circuitos cerebrales implicados en la modulación emocional está asociada a la aparición de conductas violentas, *Rev. Neurol*, [internet],2010, (citado 19 marzo 2017);50:291-299. Recuperado de: <http://www.neurologia.com/articulo/2009316>.