



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa de Maestría y Doctorado en Música

Facultad de Música
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología
Instituto de Investigaciones Antropológicas

REPRESENTACIÓN EN IMÁGENES CEREBRALES DE IRM FUNCIONAL, EN
NIÑOS CANTORES MEXICANOS, CON Y SIN EDUCACIÓN MUSICAL, EN
MODOS MAYOR Y MENOR

TESIS
QUE, PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN MÚSICA EN COGNICIÓN MUSICA

PRESENTA
(ANDREA ESPINOSA CORREA)

TUTOR DR. FERNANDO CHICO PONCE DE LEÓN
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

CIUDAD DE MÉXICO. (ENERO) 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, plasmado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí especificadas, aseguro mediante mi firma al calce que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Todas las citas de obras elaboradas por otros autores, o sus referencias, aparecen aquí debida y adecuadamente señaladas, así como acreditadas mediante las convenciones editoriales correspondientes.

ATENTAMENTE



LIC. ANDREA ESPINOSA CORREA

AGRADECIMIENTOS

Eternamente a Dios por ser el eje de mi existencia, a mi padre, a mi madre, por su infinita bondad y la tersura de su alma, a mis hermanas Paty, Gaby, Lili, ejemplo constante de lucha y superación.

A mi tutor principal, hombre honesto, culto, gran Neurocirujano, ser excepcional dador de conocimientos, incansable investigador, apoyo incondicional, amigo y un gran ser humano, a mi maestro el Dr. Fernando Chico Ponce de León.

A mi querida amiga la Dra. Gremlí Cruz Tzakum por su gran apoyo e interés en llevar a cabo este proyecto, coordinación y asesoría pedagógica en el Conservatorio Nacional de Música

A la Dra. Marie Catherine Boll Woehrlen, por su apoyo, asesoría, por sus análisis y aportaciones científicas.

A la Lic. Claudia Montoya por su interés en dar difusión a nuestro trabajo, en el Conservatorio Nacional de Música, a todos los padres de mis alumnos, por su gran disposición, por su constancia en llevar a sus hijos para la realización de los ensayos y trabajo en el Conservatorio Nacional de Música.

A la FaM a sus autoridades, a la mtra. María Teresa Gabriela Frenk Mora directora de la misma, a todos mis maestros de posgrado.

A la mtra. Dulce María Sortibrán por su trabajo, por sus consejos, y aportación artística e interpretativa, a mi querido amigo el Ing. Jorge Sandoval por la realización del paradigma.

Al Hospital Infantil de México Federico Gómez por apoyar este proyecto, a sus

a sus autoridades al director médico Dr. Jaime Nieto Zermeño, al director de Investigación el Dr. Juan Garduño Espinosa, a la Dra. Silvia Hidalgo Tobón por su trabajo en el departamento de imagenología, a la Dra. Pilar Días Suárez.

A todos a los técnicos del departamento de resonancia magnética a Porfirio Lebañez a los doctores por formar un gran equipo al Dr. Samuel Torres García, al Dr. Vicente González Carranza, a Silvia Gayosso Vázquez, por todas sus atenciones y coordinación administrativa, a Lucero de la Paz Cueci y todo el personal de este gran Hospital.

Al Conservatorio Nacional de Música, al Dr. David Rodríguez de la Peña director de esta Institución, quien confió e impulsó este trabajo de equipo, brindándonos todo el apoyo para la selección de los alumnos músicos participantes y para la realización de los ensayos.

A la subdirectora la maestra Berenice Ruíz Calderón por su excelente labor pedagógica, y también por su interés en dar difusión a temas relacionados con la cognición musical, organizando conferencias para todo el alumnado del Conservatorio Nacional de Música a la par con la Dra. Gremli Cruz Tzakum.

A mis alumnos, por su disposición y alegría al momento de trabajar en equipo, con sus voces de ángeles siempre dispuestos a interpretar a nuestro gran maestro y genio musical J. S. Bach.

A Johann Sebastian Bach por su gran legado y herencia musical, permitiéndonos adentrarnos en la fascinación indescriptible al escuchar o interpretar sus obras musicales.

Dedicatoria: A mi madre, por todas sus enseñanzas, por mostrarme el sendero hacia la luz en el camino de la vida.

A mi maestro el Dr. Fernando Chico Ponce de León,
con mucho cariño, gracias por ser excepcional.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

ANTIGÜEDAD GRECO-LATINA.....	10
EVOLUCIÓN DE LA MÚSICA.....	15
GUIDO D´AREZZO.....	15
ANTONIO VIVALDI.....	15
ARCANGELLO CORELLI.....	16
GIUSEPPE TORELLI.....	17
JOHANN SEBASTIAN BACH.....	17
MÚSICOS NOVOHISPÁNOS Y MEXICANOS.....	20

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTE CIENTÍFICOS.....	21
LA ANATOMÍA FUNCIONAL MODERNA	
EL CEREBRO Y LA MÚSICA.....	22
LÓBULO TEMPORAL.....	22
LOBULILLO PARIETAL INFERIOR.....	23
OTRAS PARTES DEL CEREBRO QUE SE ACTIVAN CON LA MÚSICA	
EL LÓBULO FRONTAL.....	24

GIRO FRONTAL ASCENDENTE.....	24
CARA MEDIAL.....	25
LAS ÁREAS DE BRODMAN.....	26
LA CARA INFERIOR DEL HEMISFERIO.....	26
SISTEMA AUDITIVO.....	33
EL ÓRGANO DE CORTI.....	35
TÁLAMO.....	37
SISTEMA NUCLEAR DEL TÁLAMO.....	41
TÁLAMO FUNCIONAL.....	42

CAPÍTULO 3

ESTRUCTURAS LÍMBICAS

HIPOCAMPO.....	50
EFERENCIAS DEL HIPOCAMPO.....	53
HIPOCAMPO FUNCIONAL.....	54
HIPOTÁLAMO.....	57
MORFOLOGÍA Y SISTEMATIZACIÓN.....	60
CONEXIONES HIPOTALÁMICAS.....	61
HIPOTÁLAMO FUNCIONAL.....	64
LA AMÍGDALA.....	66
SISTEMATIZACIÓN.....	68
LAS AFERENCIAS.....	69
LAS EFERENCIAS.....	70
LA AMÍGDALA FUNCIONAL.....	71
EL RINENCÉFALO.....	72
EL BULBO OLFATORIO.....	75
FUNCIONES DEL RINENCÉFALO.....	80
ÁREAS SEPTALES.....	81

SISTEMATIZACIÓN.....	82
CONEXIONES DE LA REGIÓN SEPTAL.....	83
CEREBELO.....	86
CEREBELO FUNCIONAL.....	88
TÁLAMO LÍMBICO.....	88
CORTEZA LÍMBICA.....	89

CAPÍTULO 4

MATERIALES Y MÉTODOS

HIPÓTESIS.....	92
SUJETOS DE INVESTIGACIÓN.....	92
MATERIALES FÍSICOS E INSTALACIONES.....	94
DESCRIPCIÓN DEL PARADIGMA.....	95
PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES.....	99
IMÁGENES.....	102

CAPÍTULO 5

RESULTADOS.....	104
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN LA CARA DORSOLATERAL DE LOS HEMISFERIOS CEREBRALES, ASÍ COMO INFERIOR Y EXTERNA DEL CEREBELO.....	105
INTERPRETACIÓN DE ESTUDIOS DE ACTIVACIÓN, EN LAS TRES INCIDENCIAS DE CORTE.....	118
INTERPRETACIÓN DE CORTES AXIALES MÁS COORDENADAS MNI	
ESTÍMULO A MÚSICOS.....	138
ESTÍMULO A NO MÚSICOS.....	143
ESTÍMULO B MÚSICOS.....	149
ESTÍMULO B NO MÚSICOS.....	153

RESTA MÚSICOS MENOS NO MÚSICOS ESTÍMULO A.....	157
RESTA MÚSICOS MENOS NO MÚSICOS ESTÍMULO B.....	164
ÁREAS DE BRODMANN ACTIVADAS EN LA ESCUCHA MUSICAL, Y COORDENADAS MNI DE LOS PUNTOS DE MAYOR INTENSIDAD.....	168

CAPÍTULO 6

DISCUSIÓN.....	170
CONCLUSIONES.....	184
REFERENCIAS.....	186

CAPÍTULO 1

Antecedentes y fundamentos de la investigación

Antecedentes históricos

Antigüedad Greco-Latina

La localización de las funciones cognitivas, y por ende la apreciación de la música, ha sido objeto de muchas elucubraciones, a través de la historia. Todavía Aristóteles afirmaba que el entendimiento y la inteligencia residían en el corazón. Por el contrario, Platón, siguiendo a un médico ilustre de la Cuenca del Mediterráneo, Alcmeón de Crotona, afirmó que tanto la inteligencia, como el resto de las funciones mentales superiores, se encontraban en el cerebro.

Para la función cerebral se estructuró, desde las épocas de Platón, Hipócrates y más tarde Galeno y los Doctores de la Iglesia, la llamada doctrina cavitaria (*cell doctrine*), en donde la funcionalidad cerebral se encontraba en las cavidades ventriculares, que además tenían movimientos peristálticos y poseían esfínteres para permitir o bloquear la circulación, dentro de ellos. No se afirmó que el contenido de los ventrículos fuere el líquido cefalorraquídeo sino hasta los escritos de Cotugno, en el siglo XVII. Se daba, además, dentro de los conceptos fisiológicos de la Antigüedad y de la Edad Media, un papel importante a la anatomía y fisiología cerebral, dentro de los mecanismos de la digestión y la depuración de los espíritus y la sangre, que en el cerebro llegaba a su última expresión.

La anatomía funcional, ^(13,16) la de la doctrina cavitaria, consistía en la apreciación de 5 sentidos externos, la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto, que llegaría a la parte anterior del sistema ventricular, al primero de los tres ventrículos que se suponía poseía el cerebro humano, que correspondía a grosso modo a los ventrículos laterales, en lo que se llamaba, precisamente, el sentido común. En el primer ventrículo se encontraba la fantasía y/o la imaginativa, el primero de los sentidos internos, después, en un movimiento de arriba hacia abajo, venía el segundo ventrículo, (III actual) en el cual se situaría la razón o el razonamiento, la reflexión y el juicio, todos ellos sentidos internos. El III ventrículo (IV actual) era, el receptáculo de la memoria. Una vez adquirido el conocimiento, podía haber

comunicación entre una y otra función, o sentido interno, ya que, por ejemplo, era posible jalarlo lo que estuviere el III ventrículo, con la memoria, y reprocesarlo con el juicio, la estimativa, la imaginativa y la fantasía.

De Boecio ⁽¹⁰⁾ (480-524/25), el gran tratadista de la música, que había vivido entre el 480 y el 524 d.C., solía mencionar el efecto que la música causaba sobre los excitados y agresivos, en la anécdota que se atribuía a Pitágoras (569-475): “...¿A quién, en efecto, le es desconocido aquello de que Pitágoras a un joven ebrio tauromenio, incitado bajo los efectos de un son de modo frigio, replicándole con un canto espondaico lo volvió más apacible y dueño de sí?...” Se sabe que los tauromenios eran originarios de la ciudad siciliana de Taormina, célebre por la belleza de sus niños; con la desenterrada anécdota de Pitágoras tendría uno que imaginarlos borrachos y pendencieros, como lo exhibía Boecio, en el relato que nuestro personaje hacía: “...Pues, como una vez una prostituta se hubiese encerrado en la casa de un rival [del joven tauromenio] y él enloquecido, quisiera prender fuego a la casa por los cuatro costados, y como Pitágoras, por la noche, según tenía por costumbre, estuviera observando atentamente el curso de las estrellas, cuando comprendió que, incitado por un son del modo frigio, no quería desistir de la fechoría, a pesar de las muchas amonestaciones de sus amigos, recomendó que cambiaran el <<modo>> y así templó el ánimo del joven enloquecido hasta llevarlo a un estado de mente del todo apacible...” El modo espondaico debió haber sido una música muy apacible y el modo frigio algo semejante a una marcha de guerra, bien acorde con los frigios, pueblo conocido por sus afanes guerreros y libertarios. La historia pitagórica no era del todo comprobada como veraz, pero, presenta la belleza del proceder del hombre, simple y en ocasiones cínico, pero siempre fresco y espontáneo, como las tragedias de Esquilo (525-456) o las comedias de Aristófanes (444-385). Lo que más hace reír es la ebriedad del joven, la prostituta escondida en la casa del rival y el filósofo que observaba a las estrellas y de paso al zafarrancho que se escenificaba cerca de su casa. Todos los ingredientes para elaborar una comedia, de teatro de *vaudeville*.

San Isidoro de Sevilla ⁽³³⁾ (556-636), quien vivió alrededor de la fecha bisagra de cambio de la religión pagana a la cristiana, en sus maravillosas *Etimologías*, se

refería a la música de manera encomiástica. La música estaba siempre para acercarse a Dios, al Dios de los católicos, ese que había podido imponer al rey, su padre y a su hermano. Es necesario poner atención a este sabio romano-visigodo, san Isidoro, nacido en la península Ibérica, y que con sus claras cogitaciones había iluminado al mundo entero: “...*Musica est peritia modulationis sono cantuque consistens...*” Tenía, la música, mucho de virtuosismo, en lo de la pericia, y abarcaba lo referente al sonido, en general y al canto en particular. “...*Sus cantos [de las musas], siendo cosa que entra por los sentidos, se remontan a la noche de los tiempos y se transmiten por tradición...*” San Isidoro había propuesto lo arcaico de la música, su presencia en la noche de los tiempos y había indicado la necesaria intervención de la memoria, “...*pues si sus sonos no se grabaran en la memoria, se perderían, porque no pueden recogerse por escrito...*” Habría que esperar a la tardía Edad Media para que la notación musical pudiera eternizar a la música. El santo sevillano pasa a gran velocidad sobre la Biblia, con la mención de Tubal, cainita, como inventor de la música, con la autoridad de Moisés. Ya más cómodo, con la ineludible presencia de los griegos, dice que fue Pitágoras el que echó los cimientos de este arte, inspirado en los sonidos de martillos sobre cuerdas [metálicas] tensas. Hace la sabia afirmación de que “...*tan torpe resulta desconocer la música como ignorar las letras...*”

“...En consecuencia, ninguna disciplina puede ser perfecta sin la música; sin ella nada existe. Se afirma que el mundo mismo fue compuesto de acuerdo a una cierta armonía de sonidos, que incluso el cielo gira bajo la influencia modular de la armonía. La música mueve los afectos y provoca en el alma diferentes sensaciones. En las batallas, los acordes de las trompetas excitan a los contendientes, y cuanto más exaltado es su son, tanto mayor es el ardor en el combate...”

Isidoro continuaba su disertación con la afirmación de que la música ayuda también a todo tipo de trabajo, aplaca los ánimos exaltados y es posible atraer a algunos animales por medio de ésta y nombra a las serpientes, las aves o los delfines. El latir del corazón y el pulso, también muestran ritmos cadenciosos, que los vinculan a las virtudes y a la armonía.

San Agustín de Hipona ⁽¹⁾ (354-430), quien vivió algunos años antes que San Isidoro de Sevilla, sería el gran catalizador para la adopción, por parte de la religión católica, de todo el portentoso corpus de la gran cultura greco-latina. Para Agustín, las Ideas de Platón eran Dios. El hombre era inteligente, para poder aproximarse a Dios, no a la sabiduría por la sabiduría misma, de los griegos. Las almas eran otorgadas por Dios y no por la primera hipostasia plotiniana. Todo en el universo tendía al bien, la belleza y la verdad, para los griegos, para Agustín todo tendía hacia lo mismo, pero esto era al mismo tiempo Dios. La inteligencia, que siendo para los griegos la parte inmortal del alma, para Agustín era la entrada en el Reino de los Cielos o en el Infierno, de esta misma alma, inmortal, pero por la gracia de Dios. Los números pitagóricos y por ende la música, eran también dones de Dios. Poco tendría que diferir de Platón y los neoplatónicos, en cuanto a las almas aladas y plumíferas, que cantando en círculos se acercan al Señor, para cantar su gloria.

Sin embargo, la actitud de Agustín al respecto de la música era principalmente ambivalente, como fue toda su obra, en donde se aprecia la lucha por dejar el dualismo maniqueísta del cual huía; por un lado, lo hacía recordar el hedonismo de una época que él mismo había superado, con su conversión al catolicismo y por el otro la belleza de los cantos litúrgicos que lo acercaban a Dios. Existía, además, la sublimación de la música por su análisis y conocimiento científico, que tan caro fue al santo de Tagaste. Es indiscutible qué para san Agustín, así como para el resto de los intelectuales de la época y durante los siglos clásicos, había dos maneras de abordar la música, la íntima, ética, psicológica o microcósmica y la universal, metafísica, filosófica, trascendente y macrocósmica. Ahora, dentro del libro *Sobre la Música*, Agustín cae, de nuevo, dentro de la tentación dualista. Le era imposible sacudirse por completo a sus maestros, Platón y Plotino y asentaba que:

“...No miremos mal, por tanto, las cosas inferiores a lo que nosotros somos; y a nosotros mismos con el apoyo de Dios y Señor nuestro ordenémonos entre aquellas cosas que están por debajo de nosotros y aquellas que están por encima de nosotros, de tal modo que no experimentemos el choque de las inferiores y, en cambio, nos deleitemos con sólo las superiores. El deleite es, en efecto, como el peso del alma. El deleite, entonces, ordena el alma. Donde, en efecto, esté tu tesoro,

allí estará también tu corazón. Donde el deleite, allí el tesoro; y, a su vez, donde el corazón, allí la dicha o la desgracia...

Entonces, es difícil para Agustín deshacerse del cuerpo, contenedor y ramasijo de materia impura, pero que está en relación con el alma pura, derivada de Dios. Las mismas dudas y tropiezos los encontramos en *Las Confesiones* y en la *Ciudad de Dios*, en la parte correspondiente a la teoría del conocimiento o a la explicación del cuerpo y el alma. San Agustín es una de las firmes bases de la Cultura Occidental y es imposible dar una opinión sobre ésta, si no se toma en cuenta al santo.

Macrobio ⁽⁴³⁾ (último cuarto del siglo IV-430), quien manejaba con seguridad lo asentado por todos los otros sabios, decía que:

“...Toda alma es atraída por los sonidos musicales, de modo que no sólo aquellos que son más refinados en sus actos, sino igualmente todos los pueblos bárbaros cantan canciones con las que se enardecen y cobran valor, o se relajan y disfrutan los placeres del ocio; pues el alma, mientras está en el cuerpo, lleva con ella el recuerdo de la música que conoció en el cielo, y hasta tal punto los cánticos la invaden con sus encantos, que no hay corazón tan cruel o salvaje que no sea presa del deseo de tales deleites... Por ejemplo, se canta para marchar al combate e igualmente para la retirada, y una canción lo mismo enardece al valor, al contrario, lo serena... Da el sueño y lo quita... azuza y ahuyenta las preocupaciones, inspira la ira y aconseja la clemencia, hasta cura las enfermedades del cuerpo... las causas de la armonía [música] están en el alma del mundo, que fue entretejida con ellas y la propia alma del mundo proporciona vida a todos los seres vivientes...”

No solo era Pitágoras o el gran san Isidoro o san Agustín de Hipona, sino también los germanos y Macrobio los que adoraban la música en todas sus potencialidades. Las cultas civilizaciones clásicas, afirmaban que la música podía ser apreciada por todo tipo de gente, desde la más refinada hasta la más bárbara y que podía servir para enardecer el ánimo o para calmarlo.

Se hace una discreta presentación de los más importantes músicos, tanto del siglo XVII, como del XVIII y el XIX, ya que todos ellos modularon la sensibilidad musical de Occidente, hasta hacer posible una apreciación placentera de esta gran

música, que nos permite hacer la aproximación científica, moderna, para el conocimiento fino de las áreas cerebrales que tienen que ver con la música

Evolución de la música

Guido D'Arezzo ^(21,22) (991/992-1050). La mano guidoniana permitió situar, de manera práctica, las 7 notas y los semitonos. Las técnicas de Guido permitieron que la música culta de la época pudiese perdurar y progresar, específicamente, el canto gregoriano. De la música monofónica, se pasa en el siglo XVI a la polifonía Jan Pier Luigi da Palestrina (1525-1594) y Claudio Monteverdi (1567- 1643) iniciaron la polifonía En América, en México y Guatemala, se recibe un músico excepcional, se trata de Hernando de Franco ⁽²⁶⁾ (1532-1585) y su bellissimo canto llano. La siguiente nómina es de los músicos que ha permitido el avance de este arte y que han influido, en la percepción generalmente grata de éste: Antonio Vivaldi, ^(21, 22) Arcangelo Corelli, Giuseppe Torelli, Piero Antonio Locatelli, Johann Sebastian Bach, George Friedrich Handel, Franz Joseph Haydn, Wolfgang Amadeus Mozart y Ludwig Van Beethoven.

De la música monofónica, se pasa en el siglo XVI a la polifonía.

Claudio Monteverdi (1567-1643) y Jan Pier Luigi da Palestrina^(21,22)(1525-1594)

Iniciaron la polifonía, todavía tímidamente, en el canto llano se distinguen dos o más voces, pero que parecen, sin lugar a dudas, a melodía del canto gregoriano.

Antonio Vivaldi . ^(21,22)

Nació el 4 de Marzo de 1678 en Venecia, a través de todos los años en la historia de la música y gracias a sus grandes dotes como compositor, es considerado una de las figuras más importantes en el periodo barroco, era sacerdote y es por ello que le llamaban el cura rojo (il prete rosso).

En la infancia inicia sus estudios de violín al lado de su padre, después de viajar ambos tocando su instrumento el compositor Antonio Vivaldi, ingresa al orfanato Ospedale de la pietá el cual estaba formado por niñas huérfanas y abandonadas, como maestro de violín y además varias de sus obras fueron dedicadas al orfanato, gracias a su excelente trabajo con la orquesta las niñas comenzaron a ganar fama

tanto en su país como en el extranjero, en el año de 1716, se convierte en el director de la Institución

El gran maestro compuso cantatas, motetes, sonatas, óperas, música sacra, obras corales, oratorios y conciertos, además de todas éstas actividades se convierte en empresario operístico del teatro San Angelo de Venecia, dando un impulso a este espectáculo y a sus obras, ya que cuenta aproximadamente con 46 óperas, dentro de sus composiciones se encuentra Nerone fatto Cesare, la cual se encuentra perdida, Arsilda regina di ponto, Tito Manlio,

Aproximadamente en el año de 1737, compuso las cuatro estaciones, una obra maravillosa descriptiva, en la cual demuestra su gran dominio y habilidad por los instrumentos de arco en especial al violín, en esta obra hace gala de su dominio por la polifonía, en esta gran obra el maestro Vivaldi, da a cada instrumento un tema diferente, dependiendo la estación que le corresponde, o los animales, describe el canto de los pájaros, la lluvia, los rayos, para el oyente es como si estuviera escuchando las estaciones.

Recibió el encargo de una serenata para la boda de Luis XV, y compuso Gloria e Imeneo (RV687), cuenta con un total de 700 composiciones, ya a finales de su vida Vivaldi se vió en la necesidad de vender muchas obras a precios muy bajos por problemas económicos, al fallecer Carlos VI, el perdió la protección imperial y murió el 28 de julio de 1741, dejando al mundo entero un legado maravilloso de composiciones.

Arcangelo Corelli . (21,22)

Nació el 17 de febrero de 1653, nació en una provincia de Italia en Fusignano, comenzó sus estudios de violín en la infancia, posteriormente se traslada a Roma, bajo el auspicio del cardenal Pietro Ottoboni y Cristina de Suecia, fue compositor y un destacado violinista, para el año del 1700, se convierte en el concertino y director del Palacio de la Cancillería, seis años más tarde conoce a Domenico Scarlatti en la academia de la Arcadia, desarrolló la forma del concerto grosso, con el bajo ostinato, y el manejo de la polifonía estableciendo los tres movimientos del mismo. Fue su destreza en la técnica de violín, que le permitió desarrollar a su máximo esplendor el entrelazado de la polifonía en los instrumentos de arco. Fue también

Arcangelo Corelli, uno de los más dignos representantes del periodo barroco y en quien sus contemporáneos utilizarían en sus obras: Johann Sebastian Bach, Friederick Haendel, y Haydn, tomarían como base la forma del concerto grosso, para utilizarla y engrandecerla en sus obras. Compuso varios tríos sonatas para instrumentos de cuerda, 12 concerti grossi y una sonata para trompeta y piano. Falleció el 8 de Enero de 1713 en Roma.

Giuseppe Torelli . (21,22)

Nació en Verona Italia el 22 de Abril de 1658, fue compositor, violista, violinista y maestro.

Para el periodo barroco y sus contemporáneos, desarrolló la técnica del concerto grosso realizó sus estudios de composición con Giacomo Antonio Peri, a la edad de 26 años ingresó a la Academia Filarmónica, permaneció dos años en la corte de Jorge Federico II para el año de 1700 emigra a Viena y compone un Oratorio.

Dentro de sus obras destacan; diez tríos sonatas, op. 1, conciertos de cámara, sinfonías, sonatas para violín, concerti grossi, un capricho musical para violín, entre otros, contando con un total de 84 obras de su autoría. Al igual que sus contemporáneos, desarrolla la forma del concerti grossi, otorgando elementos estilísticos a su obra e imprimiendo el estilo personal que su historial como músico lo hace único e inigualable, posteriormente regresa a Bolonia ahí trabajó como maestro y violinista.

Falleció el 8 de Febrero de 1709 en Bolonia.

Johann Sebastian Bach (21,22)

Nace el 21 de Marzo de 1685 en Eisenach Alemania, Johann Sebastian Bach, heredero de una sólida educación y nacido en una familia de músicos, es sin duda el músico más prolífico de toda la historia de la música de una genialidad indiscutible, y quien llevó a su máximo esplendor el desarrollo de la polifonía y el contrapunto, así mismo de la fuga, los conciertos, misas, oratorios esa genialidad lo dotó de una gran capacidad de improvisación, gracias a su destreza e inigualable técnica organística, además del órgano, tocaba la viola da gamba, el violín, el clavecín, por todo esto es considerado el padre de la polifonía gran maestro, esposo, padre y de un misticismo religioso, Bach, da a la humanidad la posibilidad

de descubrir la belleza de su música, la pureza de su alma y su gran amor a la existencia, a Dios.

Es Bach quien nos transmite la posibilidad de sentirnos mas cerca de Dios, mas cerca de la música, en su ofrenda a Dios logra vertirse el mismo en una metamorfosis de la alquimia del alma, y son sus sentimientos y su grandeza que logran embonar en una condensación de los elementos de la espiritualidad, la magestuosidad, el amor a la vida misma que lo llevaron a consagrarse en cuerpo y alma a la música.

Hijo de Johann Ambrosius Bach y de María Elisabetha Lammerhirt, fue el octavo hijo, en sus inicios estudió violín bajo la tutela de su padre, cuando Johann tenía la edad de 9 años, su madre falleció y ocho meses después su padre

Huérfano de padre y madre, se fue a vivir a casa de su hermano, a pesar de la prohibición de su hermano de acercarse a las partituras, cuando su hermano no se daba cuenta, nuestro querido genio se daba a la tarea de copiarlas con la ayuda de la luz de la luna, fue posiblemente este desgaste ocular que más tarde se manifestaría en su salud, ávido de aprender y desarrollarse como músico, fue su hermano quien le impartió clases de teoría musical y también quien le dio sus primeras lecciones de clavicordio, además estudió francés, latín, teología, griego e italiano.

A la edad de 14 años ingresa a la escuela de San Miguel en Lunenburgo donde se perfecciona en la interpretación de canto a capella, para el año de 1703, es rechazado para el puesto de organista en Sangerhauen, sin embargo consigue una plaza como músico en la corte de Johann Ernest III duque de Weimar, posteriormente se va a Turingia donde funge como organista de una iglesia, para estas fechas, Bach seguía componiendo y desarrollando su técnica tanto en sus composiciones como en sus improvisaciones, para el año de 1705 viaja a Lubeck, para conocer al gran músico Dietrich Buxtehude.

Hacia el año de 1707 contrae nupcias con su prima María Bárbara Bach, con quien tuvo siete hijos y solo le sobrevivieron cuatro, posteriormente ingresa a la Iglesia de San Blas como organista, un año después recibe la propuesta en la corte ducal de

Weimar como concertino, Bach había recibido la influencia musical de Buxtehude, Antonio Vivaldi, Arcangelo Corelli y Torelli.

Para estas fechas continúa componiendo sus preludios y fugas, el clave bien temperado que consta de dos libros, el cual se imprimió en el año de 1801, también compone para su hijo, el pequeño libro para órgano (Orgelbuchlein).

Para el año de 1717, en Dresde iba a haber un encuentro de organista entre el y Louis Marchand, quien desistió del intento al escuchar a Bach ensayar, en este mismo año fue contratado por el príncipe Leopoldo de Anhalt-Cothen, como maestro de capilla.

A pesar de haber nacido en el mismo año Bach nunca conoció a Handel. Hacia el año de 1721 y después de la muerte repentina de su primera esposa, contrae nupcias con Ana Magdalena Bach, con quien procreó trece hijos más, juntos tuvieron un matrimonio estable.

En 1723 ingresa a la iglesia luterana de Santo Tomás en Leipzig y como director musical de la iglesia de San Nicolás. Cada domingo Bach componía una cantata diferente, la cual se estrenaba con el coro de la iglesia. Gracias a este trabajo él instruía vocalmente a los estudiantes de Thomasschule, muchas de sus cantatas se basaron en los corales e himnos tradicionales de la iglesia luterana, entre ellas podemos mencionar BWV 20 BWV 140 BWV 62 Y BWV 1 BWV 20. La Pasión según San Mateo con número BWV 244, compuesta entre el año de 1727 y 1729. Todos los ensayos se realizaban en la iglesia de Santo Tomás, él sentado frente al clavecín dirigía a la orquesta y al coro. De las universidades y de los coros Bach se hacía responsable de la selección de voces, fue así como se formó el Collegium Musicum y fueron ellos quienes interpretaron sus obras entre 1730 y 1740 su misa en sib, considerada la mejor obra compuesta en todos los tiempos, la cual fue creada durante este periodo, ya que Bach aspiraba al nombramiento de compositor de la corte, también en esta época le presenta al rey Federico la ofrenda musical, la cual constaba de cánones, fugas y un trío, para el año de 1734-1735 compone el Oratorio de Navidad.

También a esta época corresponde El arte de la fuga que consta de 18 fugas y cánones completos, el maestro Bach ya no terminó la última fuga, su última obra

fue un prelude que dedicó a su yerno y cuando se observan los tres pentagramas en la cadencia se encuentran las iniciales J.S.B.

El maestro, comienza con problemas de la vista y fue operado por el doctor británico John Taylor en el año de 1750.

Posteriormente falleció el 28 de julio de 1750.

El oratorio de Navidad y la Pasión según san Mateo, son las dos obras de Bach que utilizamos para la realización de este trabajo.

Músicos Novohispanos y Mexicanos

Hernando de Franco, Manuel Sumaya e Ignacio de Jerusalem y Stella

En América, en México y Guatemala, se recibe un músico excepcional, español, que realizó composiciones de un gran valor para la época en que se hicieron. Se trata de Hernando de Franco ⁽²⁶⁾ (1532-1585) y su bellissimo canto llano.

Hernando de Franco llegó en 1575 procedente de la Ciudad de Guatemala. Había trabajado anteriormente en Santo Domingo. En la Ciudad de México, fue nombrado maestro de capilla de la catedral. La música de Hernando de Franco es una música polifónica temprana, sus obras son de gran número de voces, de 4 a 11 comunmente. Sus obras guardan un exquisito sabor a canto gregoriano. Hacia el siglo XVII tenemos a Fray Diego de Basalenque, dominó los géneros llamados diatónicos y cromáticos.

Fray Salvador Hernández originario de las Islas Canarias tomó el hábito en Zin Zun Zan, era maestro de canto llano y de órgano, escribió algunas obras que no se han publicado.

Hasta fines del siglo XVII aparece Antonio de Salazar maestro de capilla de la catedral, sus composiciones son a la manera de la música palestriniana, escribió misas, motetes, y un gran número de villancicos fue maestro de Sumaya.

Juan Matías fue otro compositor de esta época, compuso música religiosa, como los anteriores.

Ya para el siglo XVIII, aparece Manuel Sumaya, su primera obra está fechada en 1710 y es un villancico, y la última en unos maitines y unos villancicos en 1732, fue el primero que compuso una ópera en México. La música de Sumaya es delicada y de él se conserva su composición la cual realizó para hacer oposición para el puesto

de capilla de la Catedral de México, que fue la obra “Sol Fa de Pedro”. Hubo otros músicos como José de Torres y Mateo Tolis de la Roca. Estos dos músicos hábiles, buenos compositores, tanto en música profana como religiosa, en la segunda mitad del siglo XVIII, aparece Ignacio de Jerusalem y Stella , italiano, traído por la empresa del Coliseo de México fue nombrado maestro de Capilla de la Catedral, sucediendo a Tolis de la Roca, la música de Jerusalem es considerada ya, dentro del orden del clasicismo semejante a las composiciones mozartianas de la época, fue compositor prolífico y de él se conservan muchas partituras. Por último se encuentra Antonio Juanas en donde sus composiciones estan fechadas de 1777 y las últimas en 1816. Creemos que es necesario exponer las vidas de estos grandes músicos ya que, a todas luces es verdadero que aunque no se conocieran las áreas cerebrales encargadas de la percepción y del procesamiento de la música en el cerebro, se tenía realizada una gran cantidad de obras, en donde seguramente estas áreas cerebrales intervinieron.

CAPÍTULO 2

Antecedentes científicos

Se inicia en el siglo XIX, con los estudios de Broca ⁽¹¹⁾, entre otros muchos. El estudio de las diversas partes del cerebro, que se ocupaban de una cosa u otra, ha sido largo y en un principio no existía más manera de estudiarlas que las autopsias y la relación clínico patológica, cuando se podía localizar un área específica del cerebro, dañada, que daba la connotación de un grado de funcionalidad.

Más tarde, Wernicke ⁽⁶⁷⁾ describiría el área de la comprensión del lenguaje, en la parte posterior del surco medial, principalmente en los giros angular y supramarginal.

Papez ⁽⁵⁴⁾, en 1936, había propuesto una anatomía para el cerebro emocional, mencionando los circuitos que después Klüber y Bucy conformarían cierto.

Más adelante se utilizaron los animales, con técnicas destructivas del cerebro, con lo cual se lograba definir la función que se había eliminado con ello; el trabajo paradigmático fue el de Klüber y Bucy ⁽³⁷⁾, en 1937, con macacos rhesus.

El inicio de la aproximación no destructiva hacia el cerebro, para la localización de áreas funcionales, se inicia con el advenimiento de los estudios de imagen en los

cuales se podía visualizar el parenquima cerebral. De poca manera con la TAC y de forma ya bastante exacta con la IRM.

La anatomía funcional moderna

El cerebro y la música

Se revisarán las estructuras que tienen relación con la música y que se activan con la técnica BOLD

La audición: percepción y núcleos, vías y áreas de corticales.

Se tratarán las regiones del cerebro que más tienen que ver, en activación, con la música, se seguirá en orden de importancia.

Lóbulo temporal (4, 9, 13, 19, 20, 37, 38, 40, 42, 44, 47, 48, 49, 54, 58, 66, 68)

Lóbulo temporal, cara dorsolateral: está limitado por abajo por el borde lateral del cerebro, por delante por el polo temporal, por arriba por el surco lateral y por la parte posterior por la línea que va de la parte que se incurva hacia arriba del surcolateral, a la parte media de la línea hemicircular que va de la escotadura occipital por abajo a la escotadura parieto occipital por arriba, que lo separará del lóbulo occipital y parietal.

En esta cara se distinguen dos surcos y tres giros: el surco temporal superior, que divide al primer giro temporal del segundo, el surco inferior que divide al segundo giro temporal del tercer giro, que se incurva sobre el borde externo hacia la cara inferior.

En la cara inferior del cerebro, el temporal se limita hacia adelante por el polo temporal, hacia atrás por la línea que va de la escotadura occipital al surco cingular, a nivel ístmico, en el momento en que las estructuras se incurvan hacia la región temporal mesial. Por fuera, en esta cara, el límite será el borde externo y por la parte media, las estructuras mesiales basales del lóbulo temporal.

En cuanto a la corteza funcional, utilizaremos la cartografía de Brodmann. En el primer giro temporal, cara dorso lateral y parte superior del primer giro: área auditiva primaria, 41 B y las auditivas secundarias, 42 y 22 B. En la cara inferior, las áreas 20, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 35, 36 y 38 B, pertenecientes al sistema límbico, giro del

hipocampo o quinto giro temporal. Las áreas de la olfacción serán: 28, 34, 35, 36 y 38 B.

La parte externa, de las estructuras de la percepción auditiva, a nivel del tallo cerebral, las podemos ver en la cara posterior del mesencéfalo, en la llamada placa cuadrigémina, que consta de los colículos superiores y su brazo que lo une al cuerpo geniculado medial, en relación con la visión y el colículo inferior y su brazo que lo conecta con el cuerpo geniculado lateral, en relación con la audición.

Las vías auditivas en el encéfalo: el VIII nervio craneano, en su parte coclear, hará impacto en los dos núcleos cocleares, a nivel del pedúnculo cerebeloso medio, que será uno dorsal y otro ventral. De ellos saldrán dos contingentes, en donde la mayoría se decusa, en la llamada decusación piniforme, que formará el lemnisco lateral, en donde los dos contingentes, el decusado, mayoritario y el directo minoritario, harán impacto en la parte nuclear de los colículos inferiores, que después irán a hacer impacto en el cuerpo geniculado medial y enseguida por las radiaciones auditivas o pedúnculo tálamo inferiores, terminarán en las áreas 41 y 42 B, en la parte superior del primer giro temporal, en surcos transversos, descritos por Heschl. Áreas suplementarias de la audición serán la 22, 37, 38 y 21 B. El tercer giro temporal tendrá la 20 B.

Lobulillo parietal inferior: (6, 24, 30, 49, 51, 67, 69)

Está limitado, por delante por el surco intraparietal y su prolongación superior, que limitan por delante al surco parietal ascendente. Por abajo, la parte posterior del surco lateral, en donde se incurva hacia arriba. Además, la línea convencional que va desde la parte en donde se incurva el surco medio, hacia atrás para llegar a otra línea convencional que irá desde la escotadura temporo occipital, hasta la emergencia en el borde dorsal del surco parieto occipital, de forma hemisférica. La primera línea separa al parietal del temporal y la parte superior de la segunda línea, al parietal del occipital. Por arriba estará la parte horizontal del surco intraparietal, que separa el lobulillo parietal inferior del superior. El lobulillo parietal inferior está constituido de dos surcos, el supramarginal, que está situado en la zona marginal del surco lateral y el angular, situado posterior al supramarginal; ambos giros forman

parte del área de Wernike, y tiene las áreas 39 y 40 B. Las áreas de Wernike se encargan de la interpretación de lo que se está escuchando.

En el lobulillo parietal superior, por arriba del inferior, por delante del giro parietal ascente y por delante la línea arbitraria mencionada, y por abajo del borde dorsal, contiene los giros parietales superiores, áreas 5 y 7 B.

El giro post central o parietal ascendente, contendrá las áreas de la sensibilidad somática, de adelante hacia atrás, 3, 1, 2 y 43 B y en el lobulillo parietal superior. Las áreas 5 y 7 B. Hacia el lóbulo occipital están las áreas 19, 18 y 17 B, de la visión

Otras partes del cerebro que se activan con la música (13, 24, 34, 47, 48, 49, 63, 64)

A nivel cortical

Cara dorsolateral

El lóbulo frontal: que se limita por arriba por el borde dorsal, hacia atrás por el surco central, hacia abajo por el surco lateral y el borde externo del hemisferio. Consta de cuatro giros y tres surcos: el surco precentral, por delante del giro frontal ascendente, el surco frontal superior, entre el primer y segundo giros frontales, en surco frontal inferior, entre el segundo y el tercer giros frontales. El primer giro frontal está entre el borde dorsal y el surco frontal superior, el giro segundo giro frontal, está entre el primer giro frontal y el tercero, con los surcos superior e inferior que lo limitan. El tercer giro frontal tiene una parte opercular, posterior, una triangular media y una anterior orbitaria. Dentro de este surco vemos las prolongaciones vertical, entre la parte opercular y la trinagular, y horizontal entre la parte trinagular y la orbitaria.

El giro frontal ascendente 4 B, es el asiento de la motilidad voluntaria, desde la cabeza hasta las caderas, que estarán situadas a nivel del borde dorsal. La parte precentral, los tres giros frontales, contendrán: la 8, 9 y 10 B en la parte media del primer giro frontal, de atrás hacia adelante, y se prolongará hacia la parte orbitaria con el área 11 B. En la parte posterior del segundo giro, el área 6 B, área motriz suplementaria.

A nivel del tercer giro frontal, el área opercular, 44 B, es el área del lenguaje articulado, hemisferio izquierdo en los diestros. Además el área 45 y 46, parte triangular y la 47, para la parte orbitaria.

Cara Medial (9,12,19,20,42,47,48,49)

Estará limitada por arriba por el borde dorsal del hemisferio, que va de polo frontal a polo occipital, por abajo por el borde medial anterior, en la región frontoorbitaria y olfatoria, en la parte media encontramos las estructuras mediales del encéfalo y hacia atrás, seguirá el borde medial, a partir del istmo del giro del cíngulo, hasta el polo occipital. Cuatro son los lóbulos que se presentan en esta cara: el frontal, el parietal, el occipital y las estructuras límbicas, desde las áreas preópticas, septales, y el giro del cíngulo. El giro frontal interno, por atrás y por debajo del borde dorsal, por arriba de la parte frontal del borde lateral, estará separado del giro del cíngulo por el surco cingular, que en su parte posterior se incurva hacia el borde dorsal para formar el límite posterior del lobulillo parecentral que se limita por delante por el surco parecentral y por abajo por el surco del cíngulo. El lobulillo paracentral presenta dos partes, la anterior y la posterior, que estarán divididas por el nacimiento del surco central, que está en la parte media del borde dorsal y es el único surco que lleva dirección hacia atrás. Por debajo y atrás del surco del cíngulo, se podrán ver las áreas septales y el giro del cíngulo. Estas estructuras están separadas del cuerpo caloso por el surco pericalloso. Por debajo del lobulillo paracentral, hacia su parte posterior, se verán los giros subparietales, que se limitarán por una línea arbitraria que irá desde el momento en que se incurva el surco del cíngulo hacia arriba, hasta el surco parieto occipital, por abajo estos giros se limitan por el surco pericalloso, teniendo en su parte superior al lóbulo cuadrilátero parietal. Este lóbulo en su parte anterior se limita por la parte marginal del surco cingular, por arriba por el borde dorsal y por atrás por el surco parietooccipital. La estructura más posterior de la cara medial es el lóbulo occipital, que por delante está limitado por el surco parietooccipital, por abajo por el borde medial posterior y por arriba por el borde dorsal del hemisferio. Consta de dos giros,

uno superior llamado la cuña occipital, separado del posterior por un profundo surco, el llamado calcarino. El giro inferior se normaba como lingual.

Las estructuras de la línea media son en el sentido rostro caudal: quiasma óptico. Lamina terminalis, comisura blanca anterior, rostrum del cuerpo callos; en este momento un giro brusco hacia arriba y adelante, conforma la rodilla del CC, después ésta se incurva hacia atrás, formando el tronco del CC, para finalizar con el esplenio del CC. Éste está limitado por adelante y arriba por el surco pericalloso y por abajo, en su parte más rostral, con la comisura blanca anterior y el septum, hacia su parte posterior limita con el cuerpo del fornix y más caudalmente con el tálamo posterior y la cisterna parapineal.

El agujero de Monro se distingue por detrás de las columnas del fornix y por delante del polo anterior del tálamo. Este último se ve prácticamente toda su extensión, formando la cara externa del III ventrículo, está limitado hacia abajo por el surco hipotalámico, por delante y atrás por sus polos anterior, posterior y la glándula pineal; por arriba con los cuerpos de los fornices.

Las áreas de Brodman: En esta cara medial son: para el giro frontal interno las prolongaciones de las que se distinguen en la cara dorsolateral del hemisferio, caudo rostralmente se ve al área cuatro, en la parte anterior del lobulillo paracentral, el área 6 B más rostralmente después las áreas 8, 9, 10, 11 y 12B la mas rostral, que formará parte. Por atrás y debajo de éstas se encuentra la 32 B. La 4 B medial es la prolongación de las áreas de la cara dorsolateral, a nivel precentral. En post central, se prolongan las áreas 3, 1 y 2 B, en sentido rostro caudal. Para el lóbulo cuadrilátero está el área 5 y 7 B y para los giros subparietales y parte posterior del cíngulo, las 31 y 32 B. Por dentro de éstas, y rodeando la casi totalidad del CC está la 33 B y por detrás del esplenio, a nivel del istmo están la 26, 29 y 30 B, en sentido rostro caudal. Para el lóbulo occipital, en la cuña tenemos la 19, 18 y 17 B, áreas de la visión, la 17 es la cisura calcarina.

La cara inferior del hemisferio

Presenta los lóbulos frontal, en su parte orbitaria, que estará limitado por delante por el polo frontal, por fuera por el borde lateral y el inicio del surco medio y por dentro por el borde medial, hacia atrás, de adentro hacia afuera por el espacio

perforado anterior, las estrias olfatorias medial y lateral y el límen de la ínsula, hasta el inicio del surco lateral. Tiene estructuras constantes, un giro recto, que es medial y un surco olfatorio, por fuera de éste. El resto de la superficie orbitaria es un número y forma incostante de giros y surcos, estos frecuentemente con la forma de una H ó una Y.

Hacia atrás vemos el lóbulo temporo occipital. La parte temporal se limitará por delante por el polo temporal, hacia afuera por el borde lateral y hacia adentro por el quinto giro temporal, prolongación del istmo, hacia atrás por una línea arbitraria que va de la escotadura parieto occipital, en el borde lateral hasta el surco parieto occipital. Tiene tres giros y dos surcos: el tercer giro temporal, que es la prolongación del tercero de la cara dorso lateral, separado del segundo giro temporal por el surco temporo occipital y se separa de la quinta circonvolución por el surco colateral. El lóbulo occipital, está limitado por delante por la línea ya mencionada, por fuera por el borde lateral, por dentro por el borde medial y hacia atrás por el polo occipital; tiene un número inconstante de giros y surcos, prolongación de los mencionados en la cara inferior y como constante se verá prácticamente, únicamente, la reflexión de la língula hacia abajo.

La cartografía brodmaniana muestra, para el giro del hipocampo, las áreas 34, 26, 27, 28, 35, 36 y 38 B. El segundo giro contendrá las 36, 20 y 37 B. El tercer giro será la 20, y 37 B, en su parte externa. El lóbulo temporal tendrá la 18 y 19 B.

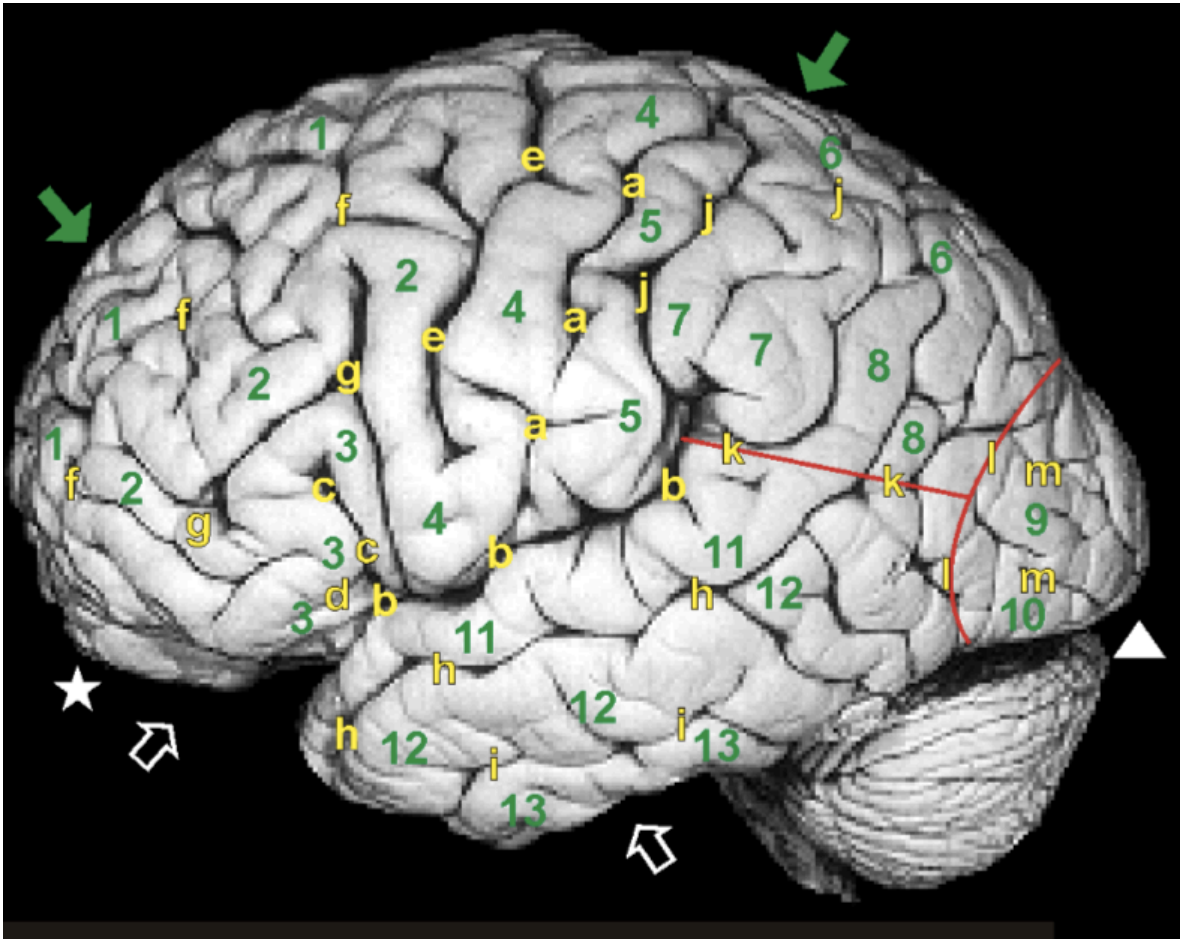


Fig. 1.1. Cara dorsolateral del hemisferio (h) izquierdo. Estrella blanca polo frontal azul fórnix, triángulo blanco polo occipital. Flechas verdes borde dorsal del h. Flechas negras con borde blanco, borde lateral. Letra **a** surco (s) central, **b** s lateral. **c** prolongación vertical del s lateral, **d** prolongación horizontal, las dos en el tercer giro (g) frontal; **e** s precentral. **f** s frontal superior. **g** s frontal inferior. **h** s temporal superior. **i** s temporal inferior. **j** s intraparietal. **k** línea divisoria entre el lóbulo (l) del parietal y el temporal. **l** l del parietal, temporal y occipital. **m** número variable de s occipitales. Número **1** primer g frontal. **2** segundo g frontal. **3** tercer g frontal. **4** g frontal ascendente o precentral. **5** g parietal ascendente o postcentral. **6** lobulillo parietal superior. **7** g supramarginal. **8** g angular. **9** y **10** g occipitales variables, prolongación de los parietales y temoorales. **11** primer g temporal. **12** segundo g temporal. **13** tercer g temporal ⁽¹⁹⁾.

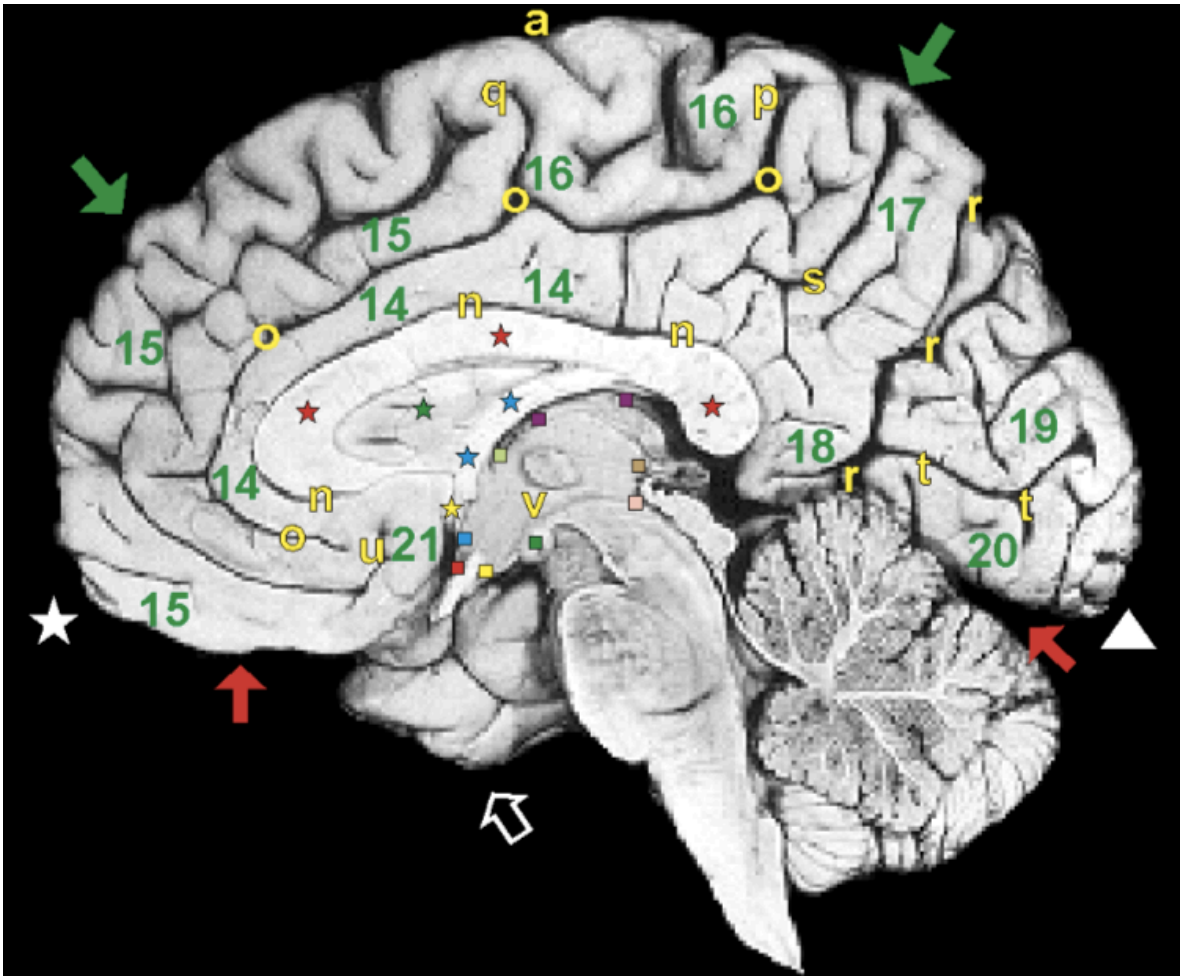


Fig. 1.2. Cara medial del hemisferio izquierdo. Triángulo, estrella y flechas verdes y negra con borde blanco, mismas que para la cara medial. Flechas rojas, borde medial del h. **a** s central. **n** s pericallosos. **o** s de cíngulo. **p** prolongación marginal del s del cíngulo. **q** surco precentral. **r** s parietooccipita. **s** surco subparietal. **t** s calcarino. **u** s paracentral. **v** tercer ventrículo. **14** g del cíngulo. **15** frontal inteno. **16** lóbulo paracentral. **17** lóbulo cuadrilátero. **18** istmo. **19** cuña. **20** língula. **21** áreas septales ⁽¹⁹⁾.

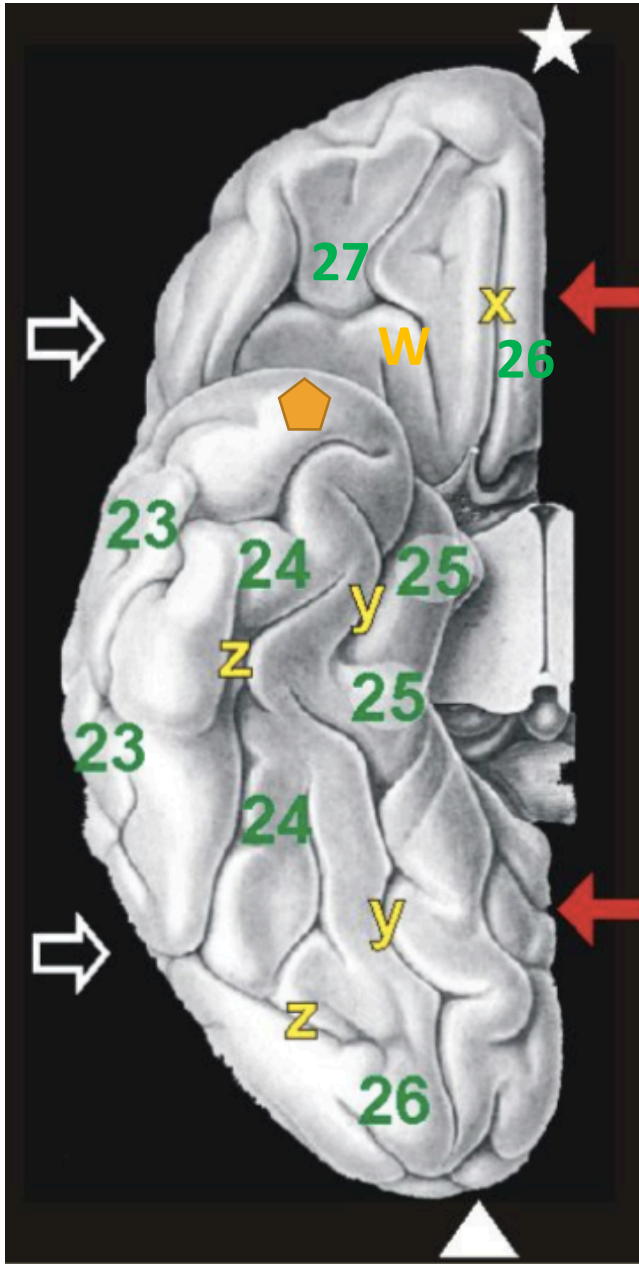



Fig. 1.3. Cara inferior o basal del hemisferio derecho. Estrella, triángulo y flechas, como en las figuras anteriores. Polo temporal . **x** s olfatorio. **y** s colateral. **z** s parietooccipital. **25** quinto g temporal. **24** cuarto g temporal. **23** tercer g temporal. **26** g recto. **27** número variable de g orbitarios. **w** número variable de s irbitarios ⁽⁴⁹⁾.

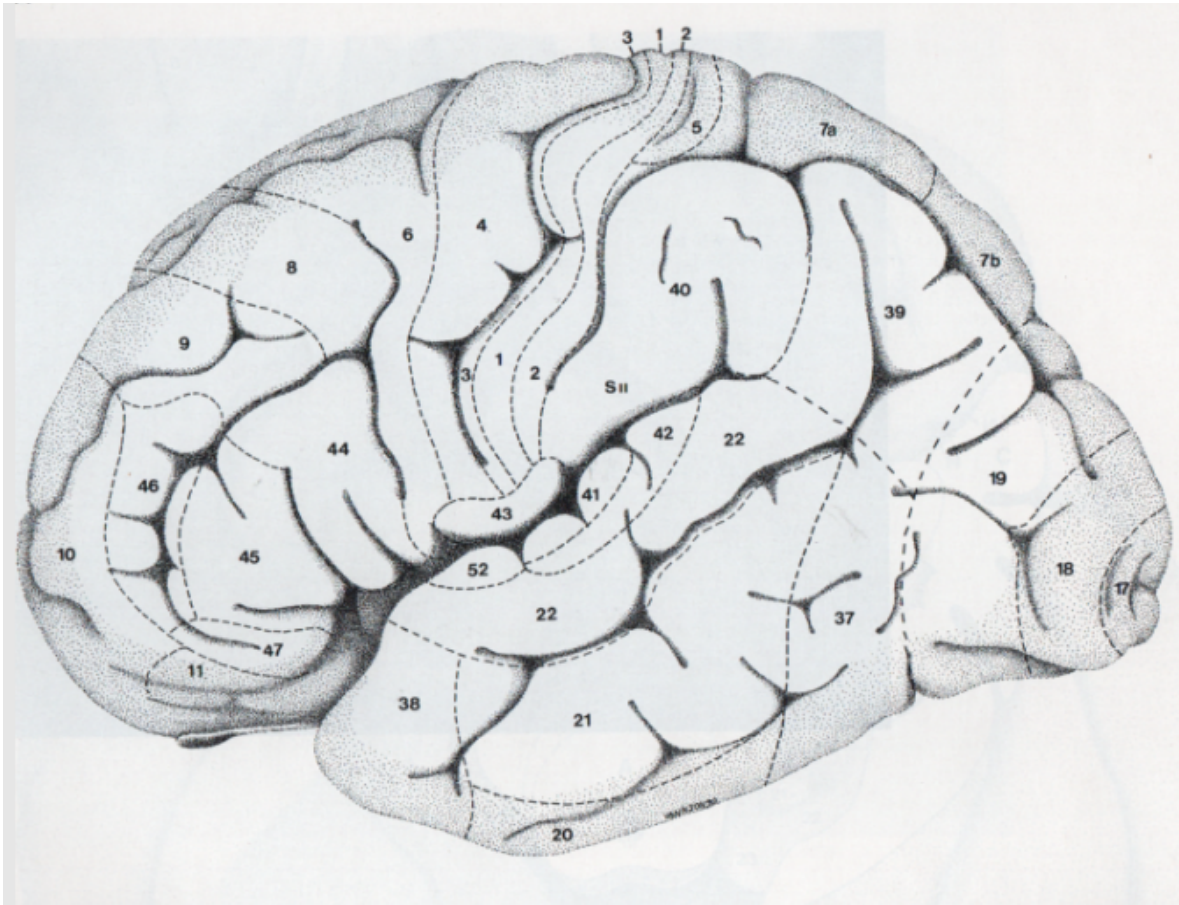


Fig. 1.4. Áreas de Brodmann, cara dorsolateral ⁽¹⁹⁾.

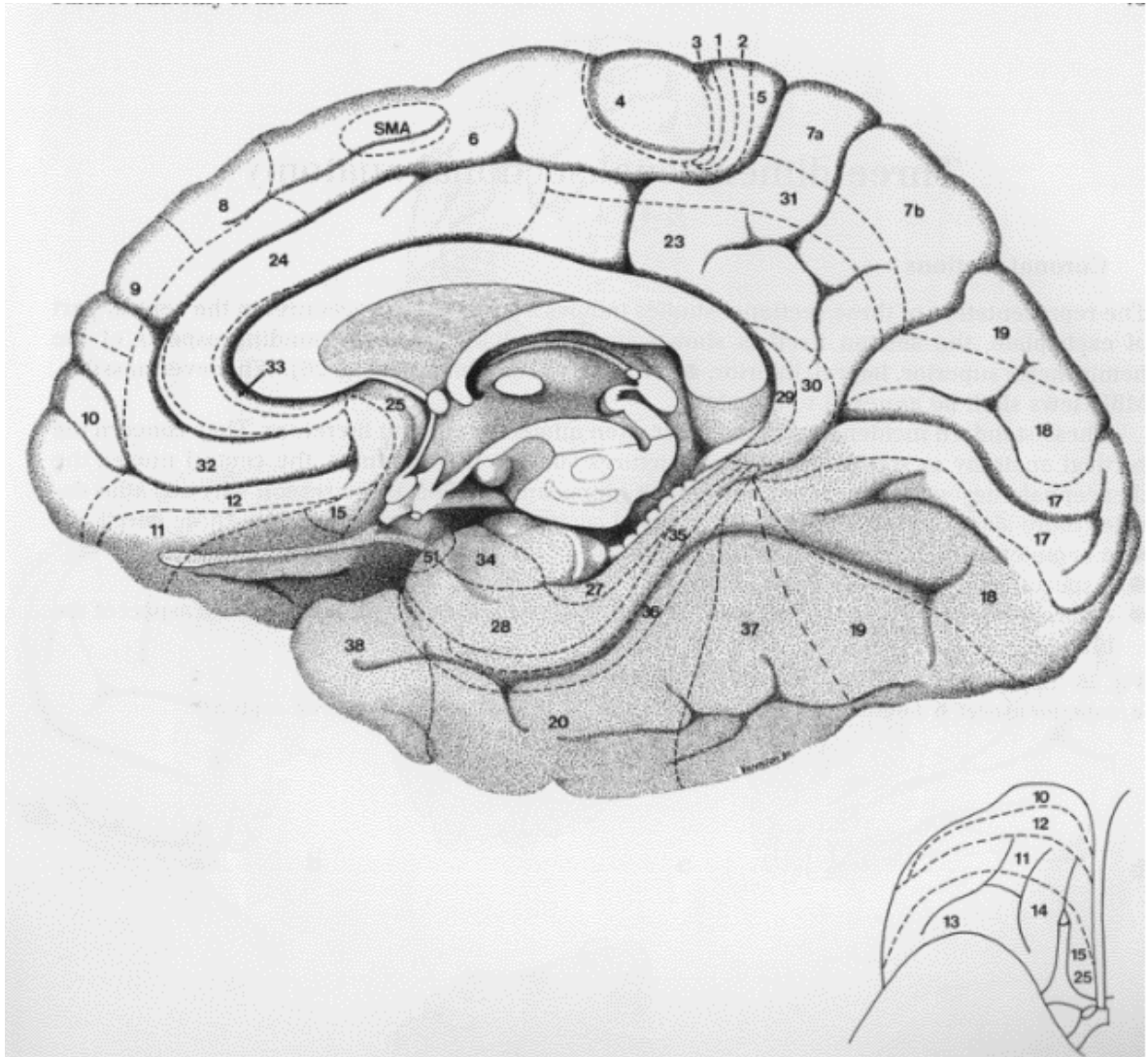


Fig. 1.5. Áreas de Brodmann, cara medial e inferior ⁽¹⁹⁾.

Sistema auditivo: (13,23,31,39,40,42,45,47,49,51,55)

Es un complejo conjunto de estructuras que permiten oír. Éstas perciben el mundo audible, ya sea ruido o sonido, así como el lenguaje. La música, que es la colocación en el espacio y el tiempo de los sonidos, es captada por las estructuras auditivas. Las estructuras auditivas son un derivado rombencefálico. Empieza en el llamado pabellón auricular, conducto auditivo externo, tímpano, cadena osicular, ventana oval y cóclea, a nivel de la rampa timpánica. La cóclea, que tiene tres rampas, dos altamente funcionales, la coclear y la timpánica y una que no tiene una función específica, la vestibular. Esta estructura se encuentra en la parte petrosa del temporal, tiene forma de caracol de dos y tres cuarto de vuelta. Estará situada por delante del sáculo, útriculo y canales semicirculares. La base del caracol está alineada con la pared posterior del temporal. La longitud de la rampa coclear es de 33 mm su anchura es de 0.35 mm en la base y 0.20 mm en el vértice. Los receptores auditivos se sitúan en la rampa coclear, en el llamado órgano de Corti. Estos están insertos sobre una membrana, llamada membrana basilar, que al ser activada por la endolinfa de la rampa timpánica, se moverá y hará que los cilios de estos mecanoreceptores se estimulen, chocando con la llamada membrana tectoria y así se conforma la percepción auditiva, a nivel de los receptores. La membrana basilar estará inserta en el labio inferior del limbo y la tectoria en el labio superior. El caracol en su parte basal percibe los tonos altos y en su vértice los tonos bajos.

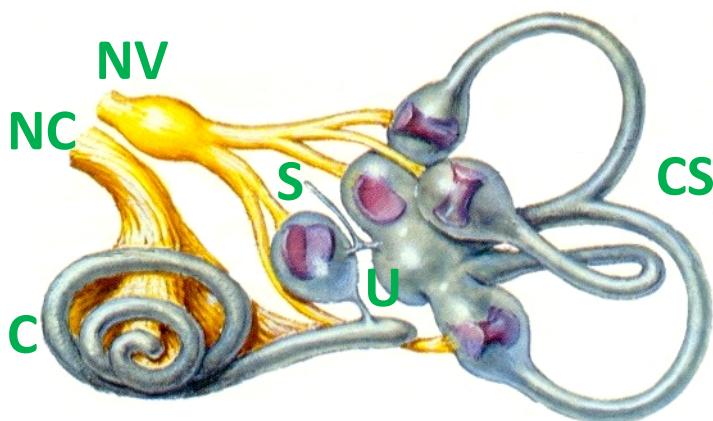


Fig. 1.6. Cóclea **c**, sáculo **s**, útriculo **u** y canales semicirculares **cs**. Nervio (N) **NC** coclear. N vestibular **NV** ⁽⁴⁷⁾.

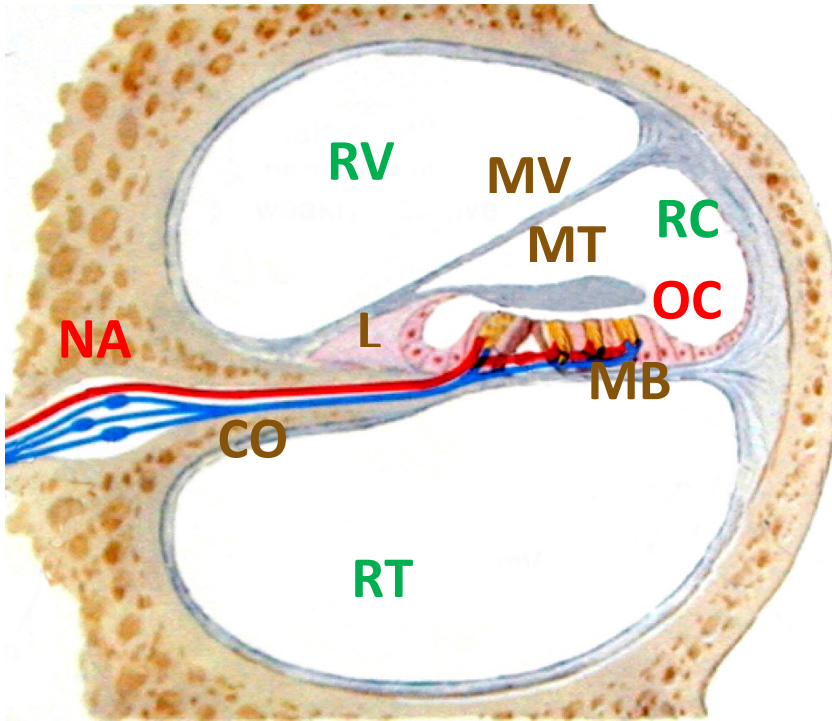


Fig. 1.7. Rampas (R) de la cóclea: R timpánica **RT**. R coclear **RC**. R vestibular **RV**. Membrana (M) tectoria **MT**. M basilar **MB**. M Vestibular **MV**. Limbus **L**. Columnela **CO**. Órgano de Corti **OC**. Nervio auditivo **NA** ⁽⁴⁷⁾.

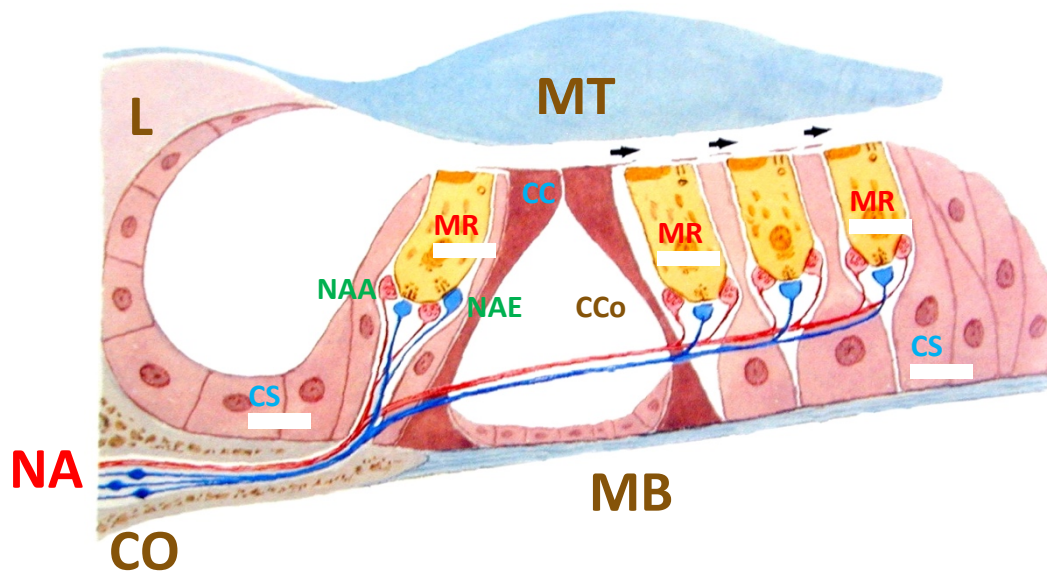


Fig. 1.8. Órgano de Corti. M basal **MB**. M tectoria **MT**. Limus **L**. Columnela **CO**. Mecanoreceptores auditivos **MR**. Células de Corti **CC**. Canal de Corti **CCo**. Células sustentaculares **CS**. Nervio Auditivo, aferencias **NAA**, eferencias **NAE** ⁽⁴⁷⁾.

El órgano de Corti: Está constituido por los receptores auditivos, en 4 hileras, la interna separa de la externa por las células de Corti y el canal del mismo nombre, entre las dos columnas. La interna consta de 4,000 células y las 3 hileras externas de 20,000. Los mecanoreceptores están sostenidos por las células sustentaculares o falángicas de Deites y Hensen. Los receptores, neuronas que tienen forma de una copa, sin pie, toman contacto con las terminaciones aferentes de las neuronas del primer relevo audivo, las del ganglio de Corti y aferencias de la oliva y núcleos cocleares.

Las fibras aferentes del ganglio de Corti constituyen las dos ramas cocleares del VIII nervio craneano, que sale del cráneo por el conducto auditivo interno del temporal y alcanza al tallo cerebral, a nivel del ángulo pontocerebeloso, en la parte baja de los pedúnculos cerebelosos medios, en los núcleos cocleares, uno central y otro dorsal. De los núcleos salen, hacia el lado contralateral, las estrías dorsal e intermedia que se decusan en la parte inferior del puente de varolio. A estas estructuras se les llama también cuerpo trapezoide. Ascende desde estos niveles

a los colículos inferiores, en su camino toman contacto con el complejo olivar superior, núcleos lateral y media, el tracto que se forma después de estos núcleos se llama lemnisco lateral. Hay una rica comunicación entre los complejos nucleares de un lado y el otro, y toma contacto con la formación reticular del puente, con el fascículo longitudinal medial y toma parte en la integración de los reflejos oculo-auditivos y céfalo cérico corporales.

Ya a nivel mesencefálico, culículos inferiores en su dos núcleos, principal central y accesorio lateral. Las conexiones del colículo inferior son: con el superior, la formación reticular pontina, el sistema límbico; estas tres estructuras tienen que ver con la atención que se presta a lo oído. Hay también comunicación con el cerebelo, por el velo medular anterior, con la región pretectal, ésta que modula la motilidad pupilar al ruido y con los núcleos talámicos mediales.

Los colículos se encargan de la discriminación de las frecuencias de los sonidos, localización del sonido en el espacio y la atención que se presta al estímulo sonoro.

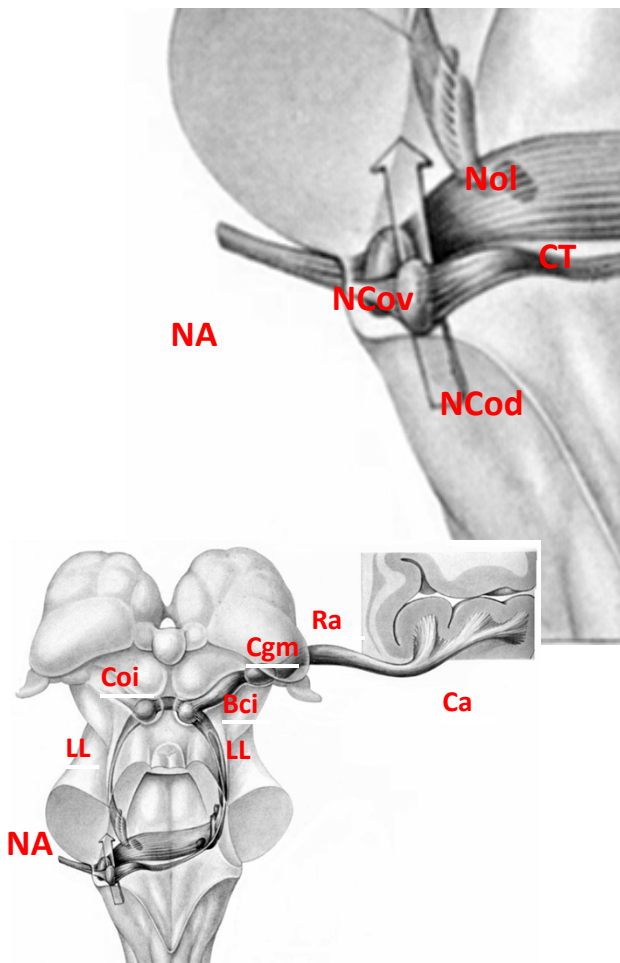


Fig. 1.9. N auditivo **NA**. Núcleo (N) coclear ventral **Mcv**. N coclear lateral **Ncl**. Lemnisco lateral **LL**. Colículo inferior **Coi**. Brazo del Coi, **Bci**. Cuerpo geniculado medial **Cgm**. Radiaciones auditivas **RA**. Corteza auditiva **Ca** ⁽⁴⁹⁾.

A nivel diencefálico, talámico, en el cuerpo geniculado medial, se recibirá por medio del brazo del colículo inferior, el contingente de fibras de la audición. Dos núcleos constituyen al CGM el parvocelular dorsal y el magnocelular ventral, que es accesorio. El CGM recibe información de los núcleos vestibulares, corteza cerebral y colículo superior, por todo esto se da al CGM una función de integración multisensorial.

De este CGM parten los contingentes de fibras auditivas hacia la corteza cerebral, en la cara superior del primer giro temporal, en los giros trasversos de Heschl, áreas 41, 42 y 22 B.

El área primaria de la audición percibe sensaciones auditivas burdas, como zumbidos, chiflidos, campanazos, etc. La integración de este conjunto de percepciones primarias se integra en las áreas secundarias de la audición, la 42 y 22 B.

Tálamo ^(13, 19, 20, 41, 45, 47, 49).

Son los tálamos derivados diencefálicos. La forma de los dos tálamos, izquierdo y derecho, es groseramente ovoide con el eje mayor horizontal y dirigido hacia adentro y adelante. Este diámetro mayor es de aproximadamente 40mm., con la parte posterior más ancha que la anterior. Se le distinguen 4 superficies o caras; una dorsal, una medial, una lateral y una ventral.

Su situación ha sido calificada de “estratégica” ⁽⁴¹⁾. En efecto, se puede decir que el tálamo es el centro geográfico del cerebro. La palabra tálamo significa en griego la recámara nupcial, que generalmente era la más escondida y profunda de la casa. Estas estructuras son punto obligado del paso, relevo, procesamiento, modulación de una enorme cantidad de funciones, ya sean sensitivas, motoras, en relación con

la conducta y emoción, con las áreas asociativas corticales y con la sustancia reticular.

Los tálamos están colocados entre el cuerpo de los ventrículo laterales, por arriba y los pedúnculos cerebrales por abajo. Limitan por delante la parte posterior de los agujeros de Monro y la parte posterior “cabalga” sobre la lámina cuadrilátera del mesencéfalo. Las caras mediales forman la parte superior de las paredes externas del III ventrículo y se separa del hipotálamo por el surco hipotalámico. En su parte central está la adherencia intertalámica. Por fuera la cara lateral está en relación con el brazo posterior de la cápsula interna.

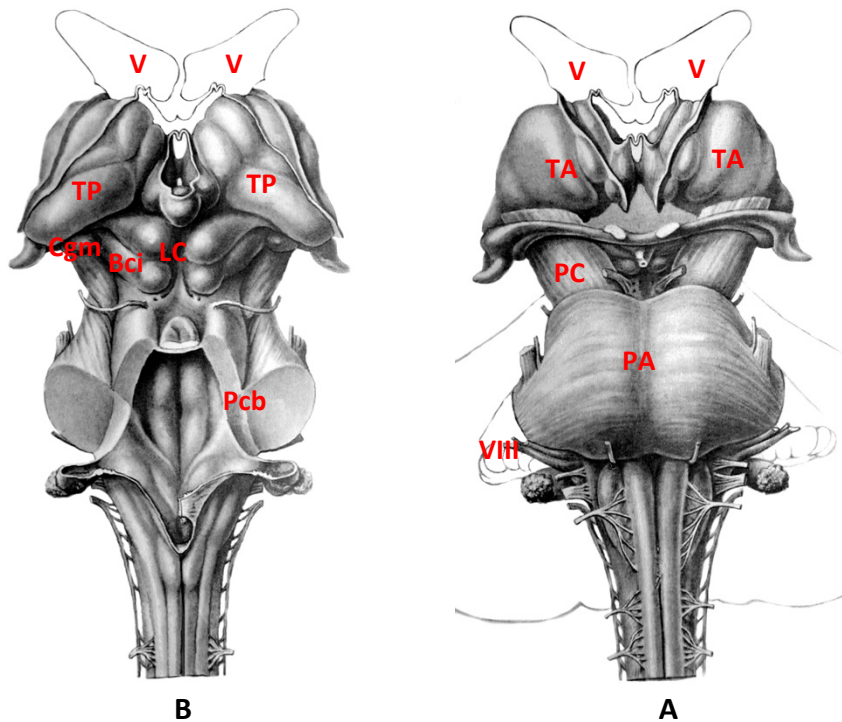


Fig. 1.10. A cara anterior B cara posterior. La posición del tálamo con respecto al tallo cerebral y ventrículos laterales, parte media del cuerpo ventricular. **V** ventrículos, **TA** tálamo anterior, **TP** tálamo posterior, **PC** pedúnculos cerebrales, **PA** protuberancia anular, **VIII** nervio craneano, **Cgm** cuerpo geniculado medial, **Bci** brazo del colículo inferior, **LC** lámina cuadrigémina, **Pcb** pedúnculos cerebelosos (49).

El cuerpo estriado envuelve al tálamo, mediando la cápsula interna, como una “manopla de beisball envuelve a la pelota”. La parte anterior está en relación con la cabeza del núcleo caudado y los dos tercios posteriores con el cuerpo de éste y con el núcleo lenticular. En la cara dorsal del tálamo el surco tálamo estriado lo separa del núcleo caudado. El piso del cuerpo del ventrículo está formado por el cuerpo del núcleo caudado al exterior y el tálamo al interior. El revestimiento empeditario de esta zona se llama lámina afixa. El fórnix viaja sobre la *estria medularis*, proyección dorsal de la lámina medular del tálamo. Por fuera del fórnix están los plexos coroídes que pasando por el agujero de Monro se constituyen en la placa coroídea del III ventrículo.

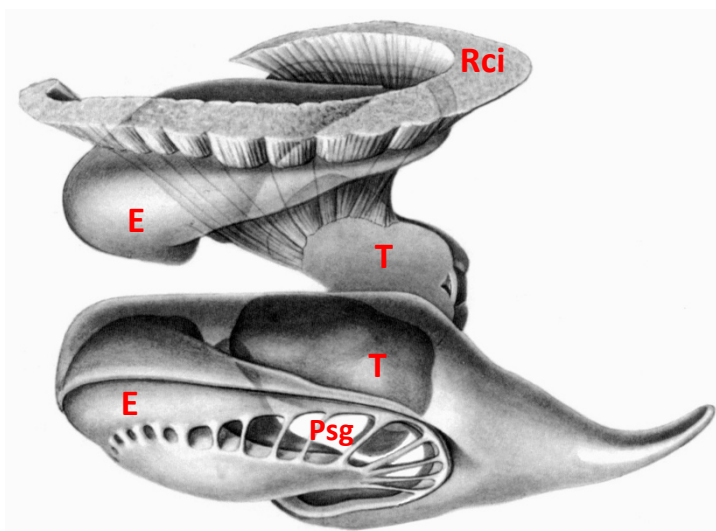
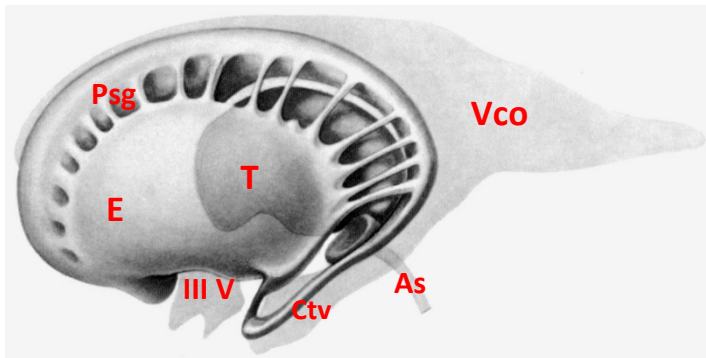


Fig. 1.11. Tálamo, estriado, radiaciones de la cápsula interna y cuerpo del ventrículo lateral. **T** tálamo, **E** estriado, **Vco** ventrículo lateral cuerno occipital, **As** acueducto

de Silvio, **Psg** puentes de sustancia gris entre el putamen y el núcleo caudado, **Rci** radiaciones de la cápsula interna que pasan bajo esos puentes. **III V** tercer ventrículo ⁽⁴⁹⁾.

La cara ventral del tálamo está en relación con el hipotálamo por delante y las estructuras subtalámicas y el tegmento mesencefálico en su parte media. Las parte posterior, metatálamo está por encima del espacio cisternal de la lámina cuadrilátera. El tálamo presenta los llamados pedúnculos talámicos, fibras aferentes o eferentes, que serán: anterior y posterior, superior e inferior. En la anterior va al lóbulo frontal, el posterior al occipital, el superior al parietal y el inferior al suparietal.

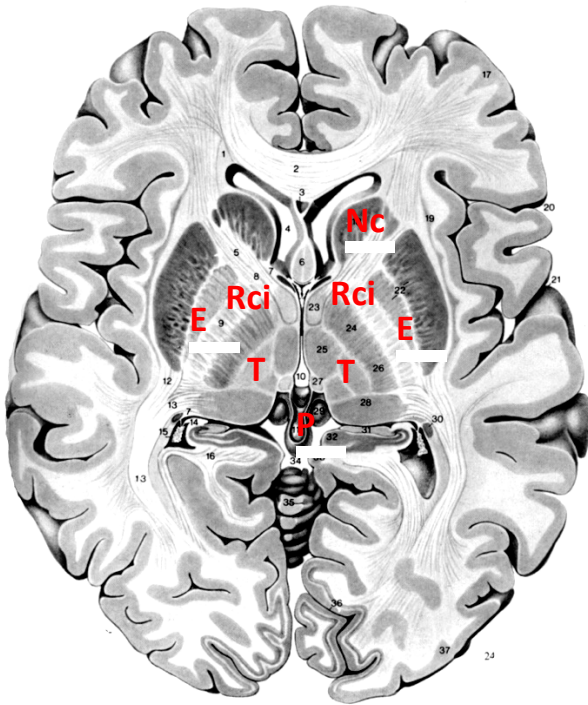


Fig. 1.12. Corte axial del cerebro, por arriba de la línea bicomisural. **Nc** núcleo caudado, **Rci** radiaciones de la cápsula interna, **E** estriado, **Nc** núcleo caudado, **T** tálamo, **P** pineal ⁽⁴⁹⁾.

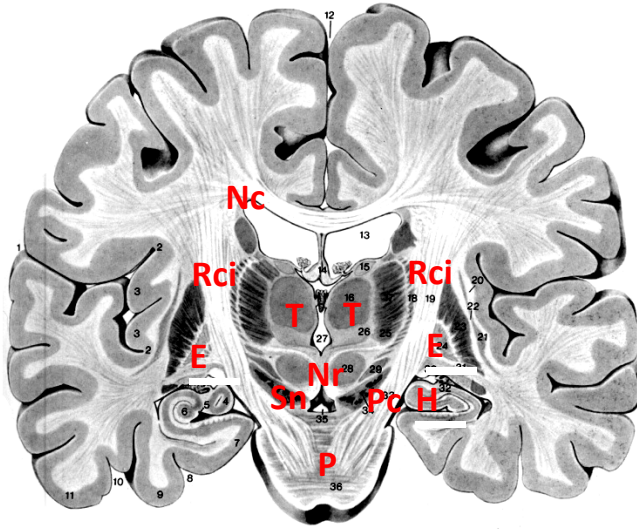


Fig. 1.13. Corte coronal del cerebro, a nivel de la parte medio talámica. Ver pie de figura anterior. **Nr** núcleos rojos, **Sn** sustancia negra, **Pc** pedúnculo cerebral, **H** hipocampo ⁽⁴⁹⁾.

Sistema nuclear del tálamo: división morfológica ⁽⁴¹⁾:

- A) Anterior 1. anteroventral, 2. anterodorsal y 3. anteromedial.
- B) Medial 1. dorsomedial, con su parte parvo y magnocelular
- C) De la línea media 1. paratenial, 2. paraventricular, 3. reuniens y 4. romboide
- D) Intralaminar 1. centro mediano, 2. parafascicular, 3. paracentral, 4. lateral central y 5. mesocentral
- E) Lateral 1. dorsal, 2. posterior, 3. pulvinar con sus porciones media lateral e inferior
- F) Ventral 1. anterior con sus porciones parvo y magnocelular, 2. lateral con sus partes oral, caudal y medial, 3. posterior con el ventral posterolateral (con su parte oral y caudal) ventral posteromedial (con sus partes parvocelular y núcleo arcuato principal) y ventral posteroinferior
- G) Metatálamo 1. cuerpo geniculado medial con sus partes parvo y magnocelular, 2. cuerpo geniculado lateral con sus partes dorsal y ventral
- H) Reticular talámico
- I) No clasificados 1. submedial, 2. suprageniculado, 3. limitante

De esta compleja clasificación, para el propósito de este trabajo, se retendrá básicamente a las estructuras metálmicas, en donde el cuerpo geniculado medial es el encargado de la audición. Sin embargo, todo el tálamo es el encargado de modular la recepción de los estímulos en la casi totalidad de los sistemas sensoriales, y en este papel tiene que ver con una percepción musical adecuada. Dejando atrás esta compleja organización nos centraremos en lo que los neuroanatomistas modernos han hecho hincapié, el tálamo en relación con las diversas partes que integran al sistema nervioso central:

- I) Tálamo en relación con la sensibilidad somática, general y especial
- II) Tálamo en relación con el sistema extrapiramidal
- III) Tálamo en relación con el sistema límbico
- IV) Tálamo en relación con las áreas corticales cerebrales de asociación
- V) Tálamo en relación con el sistema talámico en específico

Toda la sensibilidad, excepto la olfacción, va a filtrarse por el tálamo. Excepto la olfacción, que tiene su núcleo en la amígdala.

Tálamo funcional.

I) Tálamo en relación con la sensibilidad somática general y especial.

Los núcleos serán el ventral posterolateral, en relación con la sensibilidad del cuello, tronco y miembros. Recibe información de los haces espino talámicos y de los cordones posteriores, sensibilidad termoalgésica y profunda, respectivamente. Se sigue una somatotopía precisa. Se hace impacto en el giro parietal ascendente áreas 3, 1 y 2.

El ventral posteromedial recibirá la sensibilidad de cara, cabeza y gustatoria. Es la sensibilidad trigeminal.

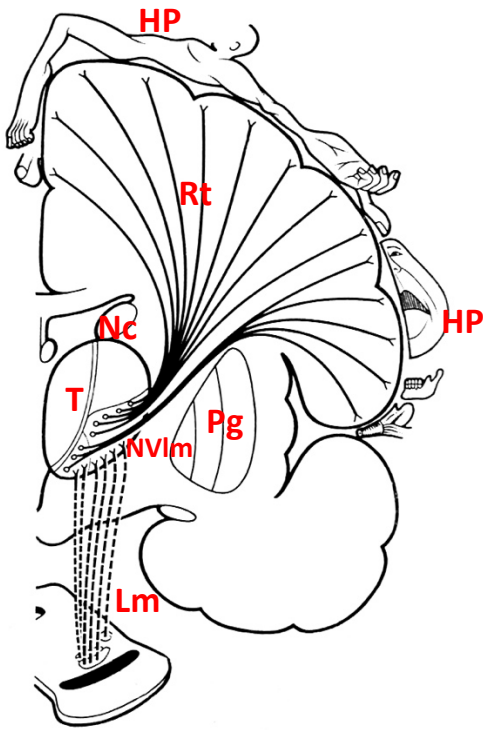


Fig. 1.14. Esquema de las radiaciones talamocorticales, de la sensibilidad somática general. **HP** homúnculo de Penfield, **Rt** radiaciones talamocorticales, **T** tálamo, **NVIm** núcleos ventral posterolateral y ventral posteromedial, **Nc** núcleo caudado, **Pg** putamen y globo pálido, **Lm** lemnisco medio ⁽⁴¹⁾.

I) Tálamo en relación con la sensibilidad somática especial.

Estructuras metatalámicas.

El cuerpo geniculado medial es el encargado de la audición, con sus partes parvo y magnocelular, será el tálamo auditivo y vestibular. Las aferencias vienen del colículo inferior que recibe las fibras del lemnisco lateral, provenientes de los núcleos cocleares. El área cortical será la 41. Tiene este núcleo una organización tonotópica. El cuerpo geniculado lateral será el tálamo de la visión, es en donde hace impacto la cintilla óptica, y de ahí, por medio de las radiaciones genícalcarinas va a dar al área 17 cortical. La organización es retinotópica.

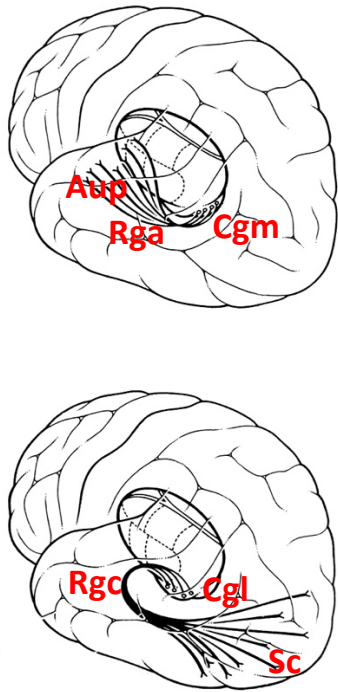


Fig. 1.15. Tálamo en relación con la sensibilidad somática especial. Radiaciones genículo calcarinas **Rgc**, de cuerpo geniculado lateral **Cgl** al surco calcarino **Sc**. Genículo auditivas **Rga**, del cuerpo geniculado medial **Cgm** a las áreas auditivas primarias **Aup** ⁽⁴¹⁾.

II) Tálamo en relación con el sistema extrapiramidal.

Los núcleos en relación con la modulación del movimiento serán: el ventral anterior y lateral, para el llamado circuito estriatal principal y el del centro mediano para el primer circuito estriatal accesorio.

Circuito estriatal principal se constituye por eferencias del estriado, globo pálido que pasan al tálamo por dos fascículos, el *ansa lenticularis*, y fascículo lentícular. De estos núcleos, con una completa organización tópica, se hará impacto en las áreas motrices 4 y 6, las cuales se ponen en contacto con el estriado.

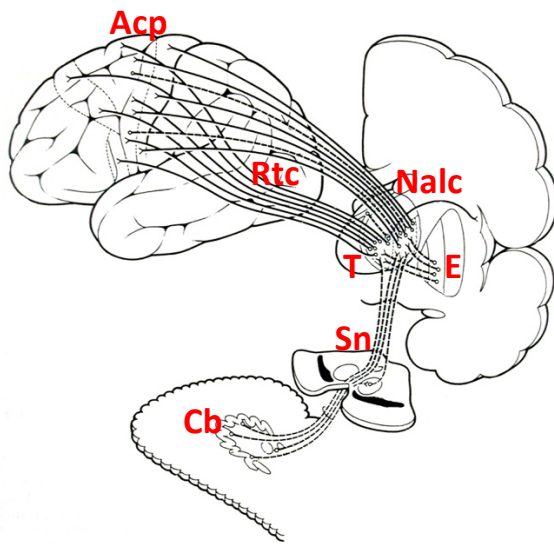


Fig. 1.16. Tálamo y sistema extrapiramidal. Conexiones de los núcleos ventral anterior y ventral lateral y el del centro mediano, con las áreas centrales y precentrales, así como con el estriado y sus circuitos. **Acp** áreas corticales centrales y precentrales, **Rtc** radiaciones tálamo corticales, **Nalc** núcleos ventral anterior y lateral, así como el del centro mediano, **T** tálamo, **E** estriado, **Sn** sustancia negra, **Cb** cerebelo ⁽⁴¹⁾.

El primer circuito estriatal accesorio está conformado por fibras que parten del paleo y neo estriado hacia los núcleos del centro mediano del tálamo y de éste regresarán de nuevo al cuerpo estriado cerrando el circuito.

La función de estos circuitos interviene en la organización del movimiento, en su coordinación y estabilización así como el mantenimiento del tono y la postura. Hay relación con las vías visuales y a este nivel se integran automatismos visuales, en relación con el movimiento.

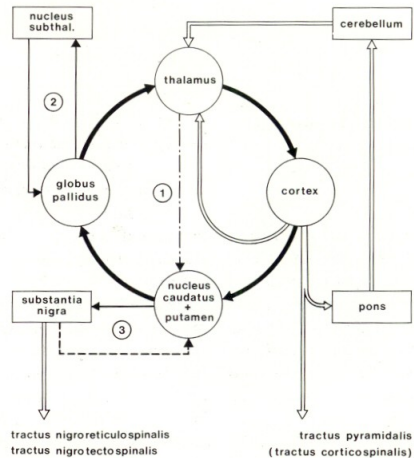


Fig. 1.17. Esquema de los circuitos estriales ⁽⁴⁹⁾.

III) Tálamo en relación con el sistema límbico.

Los núcleos en relación con el límbico son el anteroventral y el dorso medial. Al primero llegan impulsos procedentes del hipotálamo, por el fascículo mamilotalámico. Las eferencias van al cíngulo, áreas 23, 24 y 32.

El segundo recibe aferencias de áreas septales preópticas e hipotalámicas y va a proyectar hacia la región prefrontal, áreas 8, 9, 10, 11, 44, 45, 46 y 47.

Se ha postulado que estos sistemas constituyen el centro de integración emocional, en donde los eslabones centrales serían estos dos núcleos.

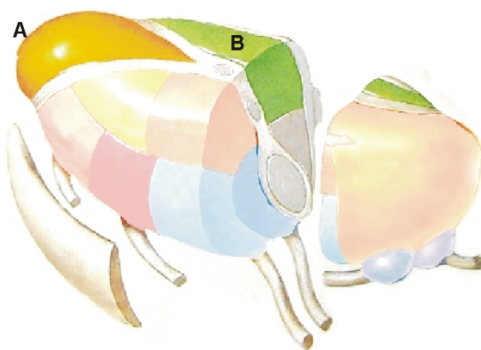


Fig. 1.18. Tálamo límbico. A núcleo anteroventral, B núcleo dorso medial ⁽⁴⁷⁾.



Fig. 1.19. Tálamo límbico. Áreas corticales de recepción del tálamo límbico. D prefrontales y frontopolares, C lóbulo límbico de Broca (47).

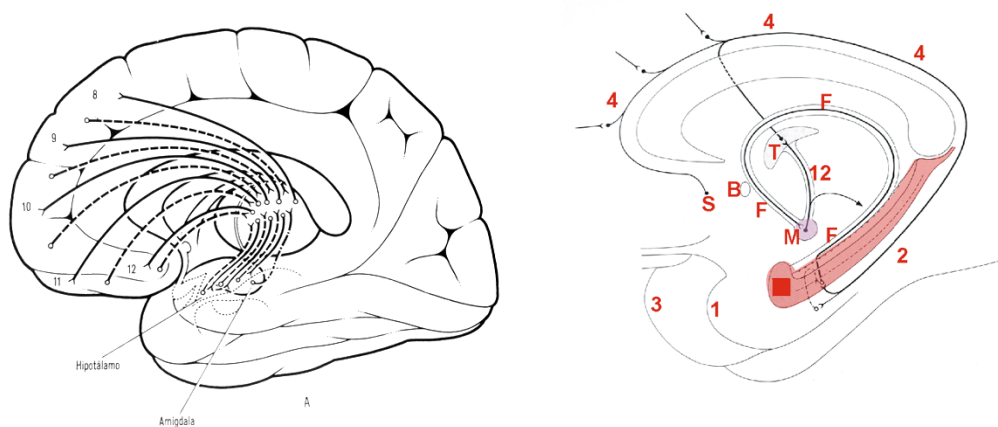


Fig. 1.20. Tálamo límbico. Radiaciones hipotálamo-talámicas y tálamocorticales, áreas prefrontales y circuito de Papez (41,49).

IV) en relación con las áreas cerebrales de asociación.

Los núcleos serán el lateral dorsal, lateral posterior, pulvinar y núcleo reticular.

Para los dos primeros, sus conexiones no son bien conocidas, recibirían información de los núcleos de relevo sensitivo y de los núcleos intralaminares. El dorsal proyecta al cíngulo áreas 23 y 31. El posterior áreas 5 y 7. Los dos a la corteza asociativa parietal

El pulvinar recibe gran parte de las fibras ópticas, de cintilla óptica y de los cuerpos geniculados lateral y medial. Proyectará sobre las áreas asociativas visuales 18 y 19, así como la corteza parietal área 7 y área 8 frontal, de la oculomotricidad.

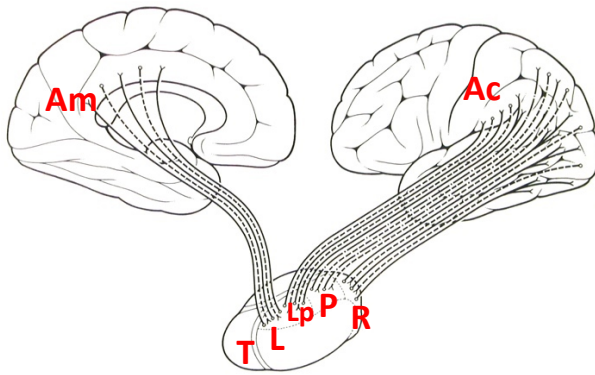


Fig. 1.21. Núcleos en relación con las áreas cerebrales de asociación. Núcleos lateral dorsal **L**, lateral posterior **Lp**, pulvinar **P** y núcleo reticular **R**. Cortezas asociativas, en la convexidad 7, 18 y 19 B, **Ac** y medial 23, 31 B y 5, 7 B, **Am** ⁽⁴¹⁾.

V) Tálamo en relación con el sistema talámico inespecífico

Los núcleos serán el intralaminar, de la línea media y ventral anterior.

Se supone que está en relación con la sensibilidad somática corporal, con el sistema límbico, sustancia reticular y cuerpo estriado, este último interactuando para la organización del movimiento.

El núcleo ventral anterior, en este contexto, va a proyectar hacia la corteza frontal, áreas 6 y 8, se supone que estas conexiones están en relación con funciones de activación y reclutamiento de la corteza cerebral.

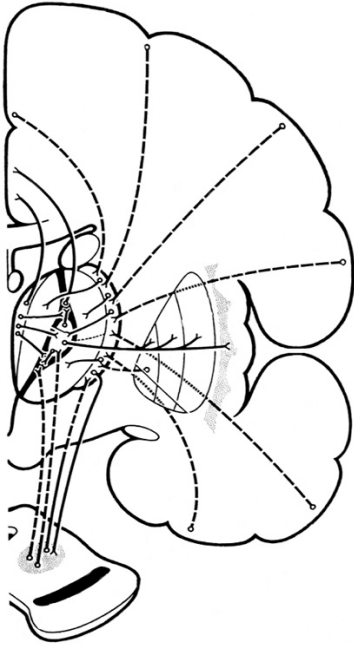


Fig. 1.22. Tálamo en relación con el sistema talámico inespecífico, núcleos intralaminar, de la línea media y ventral anterior ⁽⁴¹⁾.

CAPÍTULO 3 ESTRUCTURAS LÍMBICAS (15,13,16,19,20,23,32,34,39,36,41,42,44,49,52,53,54,57,58,59,63)

Hipocampo

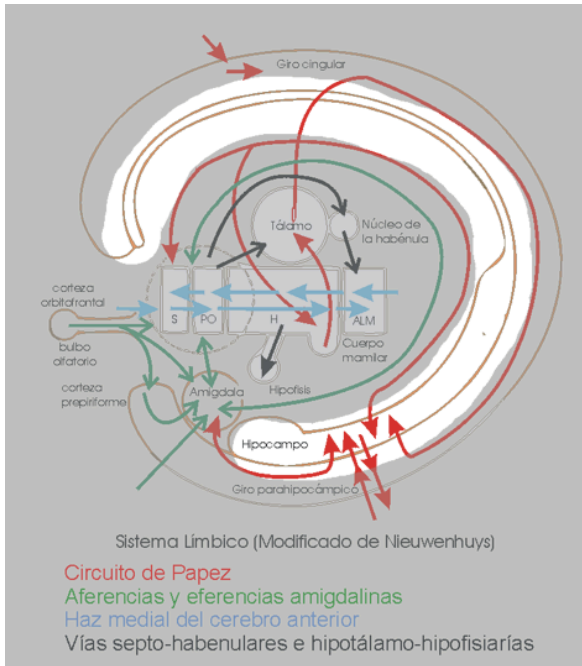


Fig. 1.23. Relaciones y localización del hipocampo.

El componente hipocámpico se divide en tres partes;

- 1.- Hipocampo retrocomisural o propiamente dicho (HIPD).
- 2.- Hipocampo supracomisural (HS).
- 3.- Hipocampo precomisural (HP).

El HIPD hace un circuito. Empezamos a nivel de sus cortezas primitivas de 3 capas, brincadas una sobre la otra. Al lado externo de este par de cortezas primitivas está el albeus, situado en el cuerno temporal del ventrículo lateral, constituyéndose en su piso, su orientación es hacia arriba y discretamente hacia abajo. Dará origen al fornix, la más importante comisura ipsilateral, que en su parte inicial tiene un millón de fibras. Este fornix dará el contingente del HS y luego de hacer un recorrido circular y por detrás de la comisura blanca anterior, llega hasta los cuerpos mamilares del hipotálamo. Se divide en tres estructuras: a) Cuerno de Amón, el cual

en la visión de un corte coronal se dividirá en 4 segmentos; I Ca1, vecino al subículo, Ca 4 vecino del giro dentado. La corteza del Ca es primitiva, de 3 capas, Molecular, celular y polimorfa. b) El giro dentado (GD) es otra corteza primitiva de 3 capas, polimorfa, granulosa y molecular. c) Subículo: se divide en cuatro partes; prosubiculo pegado a Ca 4, subículo, presubiculo y parasubiculo, pegado a la corteza entorrinal (15, 18, 36 BIS).

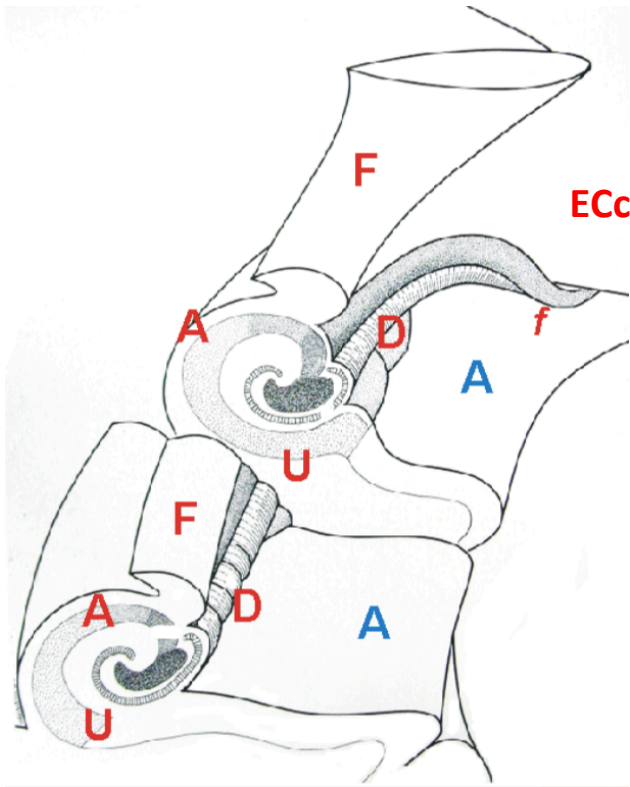


Fig. 1.24. Perspectiva y cortes coronales del hipocampo, hemisferio derecho, vecino al esplenio del CC, **ECc**. Cuerno de amón **A**. G dentado **D**. Corteza temporal **A**. Subículo **U**. Fórnix **F**. Contingente supracomisural, fasciola cinera **f** ⁽²⁰⁾.

El HS se origina del fornix, en su parte inicial, por detrás del esplenio del CC. Aproximadamente 15 % de las fibras hipocampales totales lo constituirán. Inicia su recorrido a nivel del esplenio, por arriba del CC en donde, de cada lado, da dos estrías, una medial y otra lateral. El giro dentado, en su totalidad se convertirán en la fasciola cinerea o *induseum griseum*, que hará su recorrido sobre el CC y entre

las dos estrias del fórnix. Legan hasta las áreas septales, preópticas e hipotalámicas.

El HP, es un pequeño contingente que pasa por arriba de la comisura blanca anterior y que hará impacto en las mismas áreas que el supracomisural.

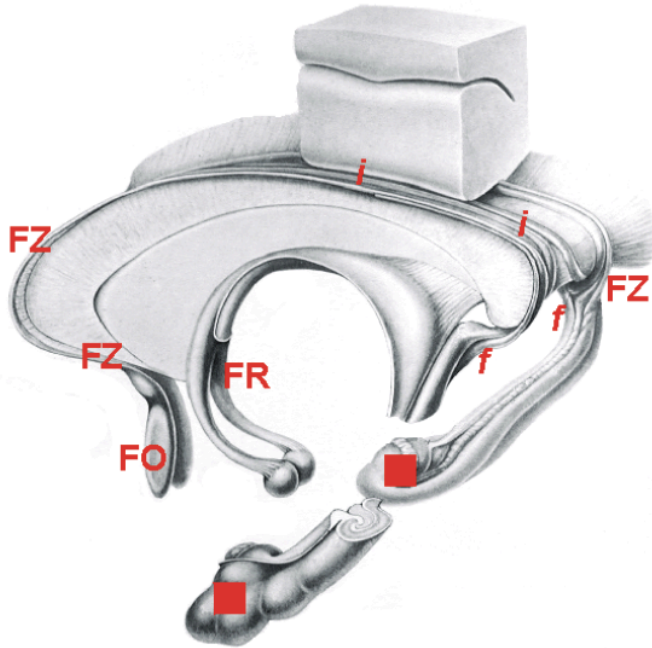


Fig. 1.25. Hipocampo(H): H retocomisural quinto g temporal, **cuadro rojo**. H retrocomisural, fórnix, **FR**. H supracomisural **FZ**; **f** fasciola cinerea, **i** estrias lateral y medial. Áreas preópticas **FO** ⁽⁴⁹⁾.

El grupo de aferencias hipocámpicas, que son seis, llegan de:

- 1.- Corteza entorrinal, parahipocámpica posterior, prepiriforme, nucleo central de la amígdala al subículo.
- 2.- Corteza cingular al subículo.
- 3.- De los núcleos del septum, hipotalámicos, corteza entorrinal, por la comisura del triángulo, hacia el hipocampo contralateral.
- 4.-Del septum, los núcleos de la banda diagonal de Broca, por medio del fornix, al Ca, giro dentrado y subículo.
- 5.- Del hipotálamo ventricular lateral y supramamilar al HRPD. Del núcleo talámico anterior al cíngulo.

6.- De la parte rostral del mesencéfalo, del núcleo interpeduncular, *del locus coeruleus*, así como del núcleo reticular superior central dorsal, del rafe, y del núcleo dorsal tegmental al HRPD.

Es esquema de las aferencias es éste:

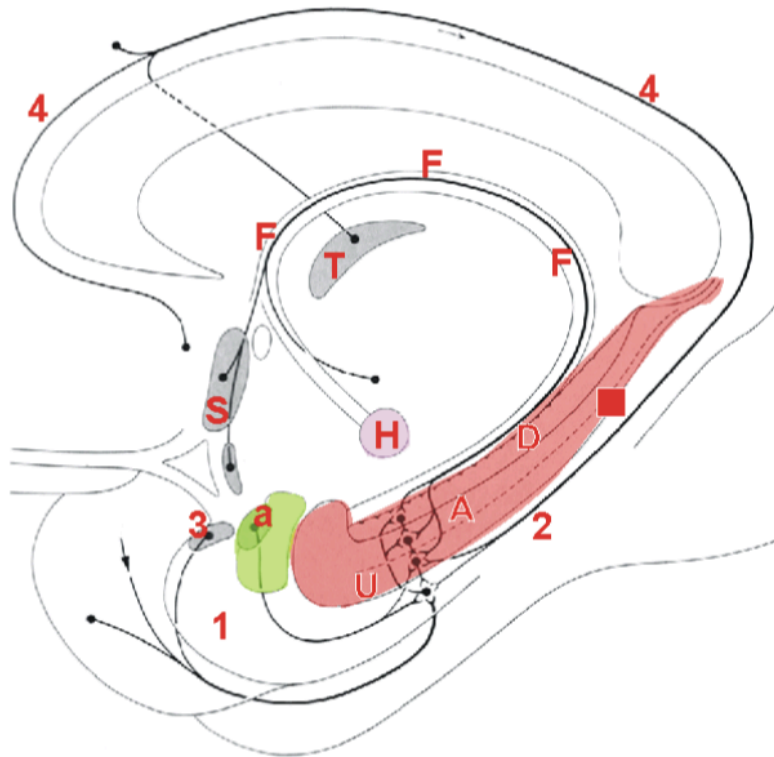


Fig. 1.26. Aferencias del hipocampo. Subículo **U**. Cuerno de Amón **A**. G dentado **D**. Aferencias de: Áreas entorrinales **1**. De la corteza temporal **2**. De la amígdala **a**. De áreas olfatorias primarias **3**. De áreas septales **S**. De cuerpos mamilares **H**, por el fórnix **F**. Por el g del cíngulo **4** y del tálamo **T** ⁽⁴⁹⁾.

Eferencias del hipocampo

1.- Fórnix: de las células piramidales al cuerno de Amón y del subículo, contingente retrocomisural, 56% al cuerpo mamilar ipsilateral, a los núcleos talámicos anteriores y dorso medial.

2.- Fórnix, contingente precomisural, hacia áreas y núcleos septales, al núcleo *acumbens septi*, al núcleo olfatorio anterior y a los preópticos.

3.- Fórnix, contingente supracomisural, a la corteza ístmica, cingular, áreas preópticas y núcleos septales

4.- Subículo, proyectará a la corteza frontal, entorrinal, perirrinal, corteza temporal media, restrosplenial, singular, prefrontal y núcleos amigdalinos.

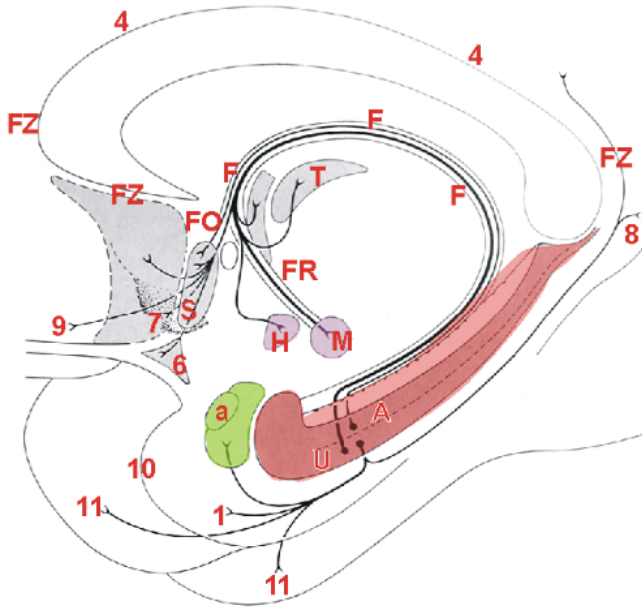


Fig. 1.27. Eferencias del hipocampo. Por el fórnix **F**. Al subículo **U**. Al cuerno de Amón **A**. Del hipocampo supracomisural **FZ**. La fascilo cinerea e induseum griseum **8**. Por el hipocampo restrecomisural, fórnix, **FR**. De el cuerpo mamaril **M**. De los núcleos (N) talámicos anteriores **T**. Del hipotálamo **H**. Por el hipocampo precomisural **FO**. Del N acumbens **7**. Del N olfatorio anterior **6**. De las áreas septales **S**. De la corteza rostral del cíngulo y g frontal interno **7** y **9** ⁽⁴⁹⁾.

Hipocampo funcional:

Tendrá, como todos los componentes del sistema límbico, tres funciones (aparte de las del sistema nervioso autónomo)

a) Mnésicas

Sobre todo la memoria reciente, el complejo polisináptico del hipocampo se encarga de fijar la memoria y va de la corteza entorrinal, pasando por las células granulosas

del giro dentado, en lo que se llama plexo perforante de Schafer, hasta Ca 3 y luego Ca1, subículo y albeus, hasta fórnix (20,41,49).

b) Motivacionales

Centro de motivación para la memorización; funciones fisiológicas y meramente mnésicas.

c) Conductuales

La estimulación o lesión del hipocampo provoca o anula reacciones de defensa y ataque, furia, respuestas viscerales de diferente tipo (hiperpnea, taquicardia, etc.).

La sección del fórnix provoca reacciones emocionales de diverso tipo: miedo, furia y otras.

Circuito de Papez:

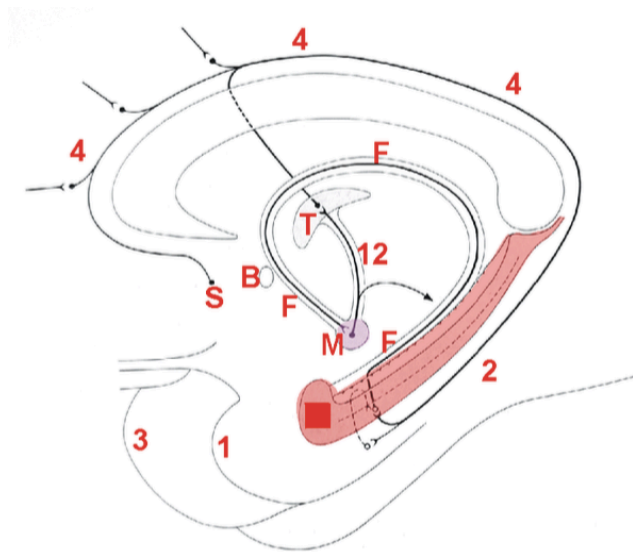


Fig. 1.28. Circuito de Papez. Por el fórnix **F**, hasta el cuerpo mamilar **M**, por el fascículo mamilotálámico **12**, hasta el tálamo **T**, a la corteza del g del cíngulo y prefrontal **4**, por el quinto giro temporal **2** y las áreas entorrinal y temporopolar y septales **S** (49).

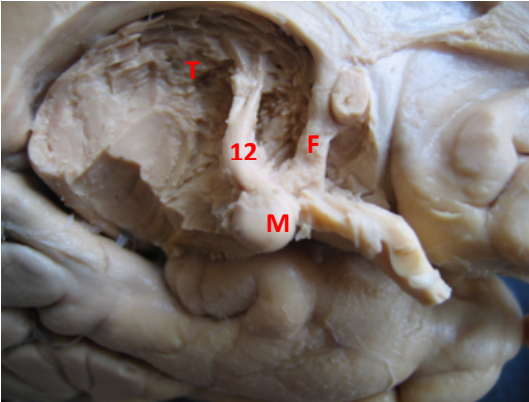


Fig. 1.29. Fornix **F**, cuerpo mamilar **M**, fascículo de Vick d'Azyr **12** y tálamo **T**.

Funciones mnésicas.

Conexiones neuronales para la memoria, a nivel del giro del hipocampo:

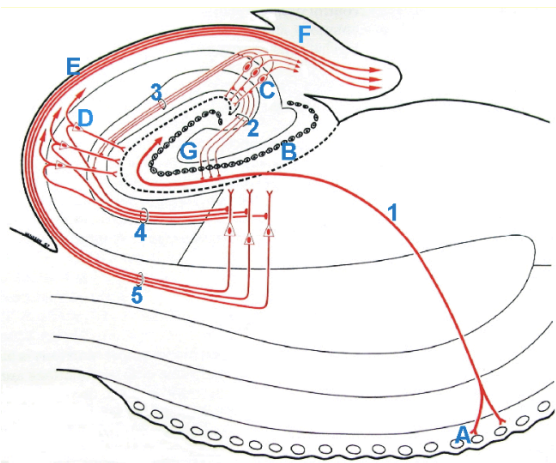


Fig. 1.30. Hipocampo funcional. Esquema cito histológico de la memoria. Funciones mnésicas; complejo polisináptico **1-5**, que fijará la memoria, e irá de la corteza entorrinal **A**, pasando por las células granulosas **B** del g dentado, Ca3, **C**, y luego Ca1, **D**, subículo **E** y albeus, por fin el fornix **F** (19,20).

Vías y centro de la memoria

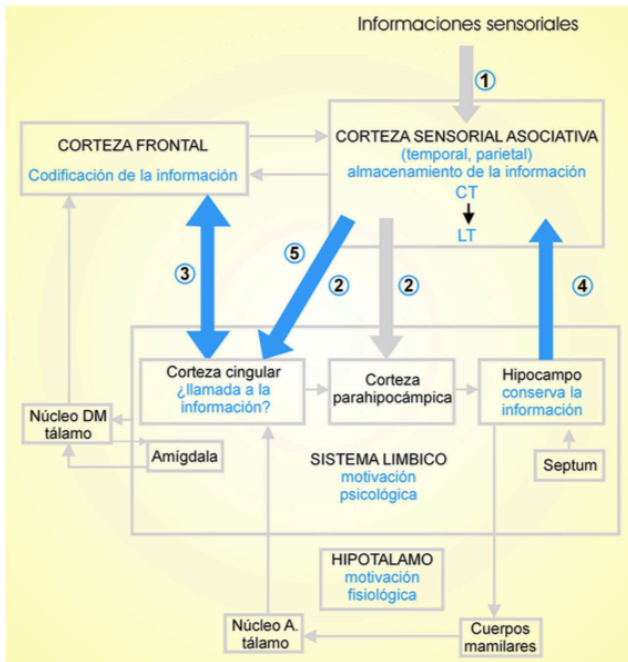


Fig. 1.31. Esquema de los procesos de memorización (48).

Hipotálamo (48,49,54,58,59)

Es imposible imaginar la vida sin el hipotálamo. Esta pequeña estructura cerebral, de apenas 13 gramos de peso, mantiene la vida. Claro está que tendrá que ver, forzosamente, con la apreciación, el aprendizaje y la creación de la música.

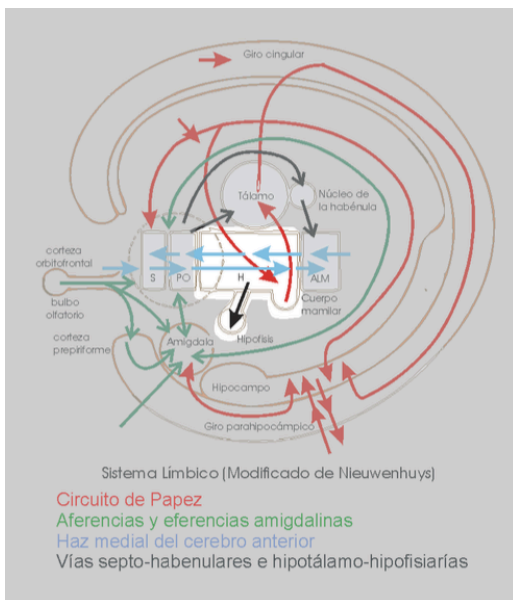


Fig. 1.32. Localización y relaciones del hipotálamo (49).

El hipotálamo, es una estructura muy primitiva diencefálica, (45) que está presente ya en pequeños animales, como los gusanos. Está situado abajo y adelante del tálamo y sus límites son, viendo la estructura en la pared lateral del tercer ventrículo cerebral: superior; por arriba el surco hipotalámico y región talámica anterior e inferior. Posterior; la línea vertical que pasa por detrás de los cuerpos mamilares. Ventralmente, es el piso o parte inferior del tercer ventrículo; está limitado por delante y afuera, por el quiasma y las cintillas ópticas. En este piso están los recesos supraquiasmático e infundibular. Por delante se limita por la lámina terminal.

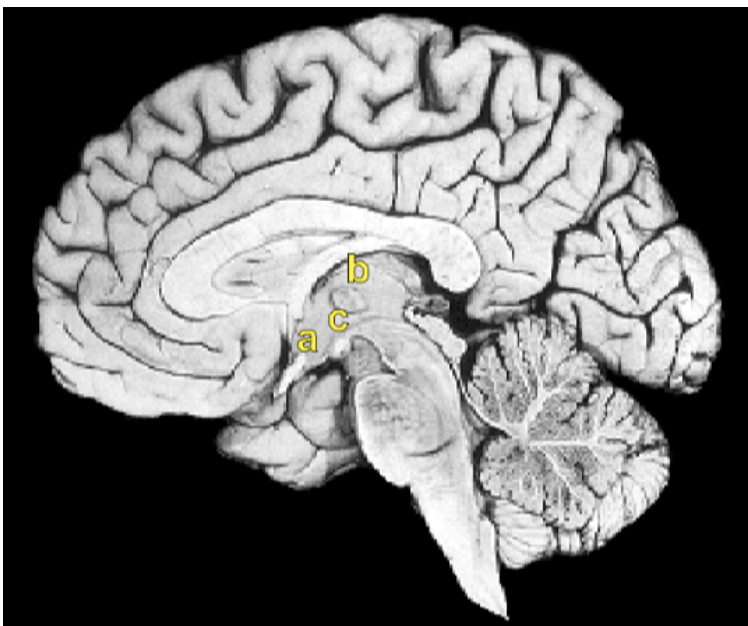


Fig. 1.33. Localización del hipotálamo en la cara medial del hemisferio derecho: **a** y **b** (20).

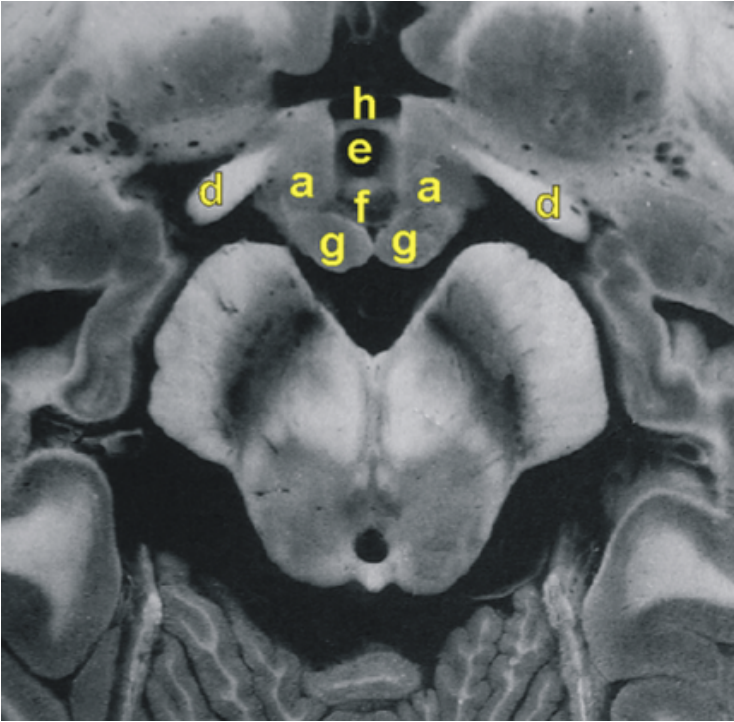


Fig. 1.34. Localización y relaciones del hipotálamo en un corte anatómico axial. **a** paredes laterales del hipotálamo, **g** cuerpos mamilares, **f** receso premamilar o mamilo infundibular, **e** receso infundibular, **h** receso supraquiasmático, **d** cintillas ópticas ^(19,20).

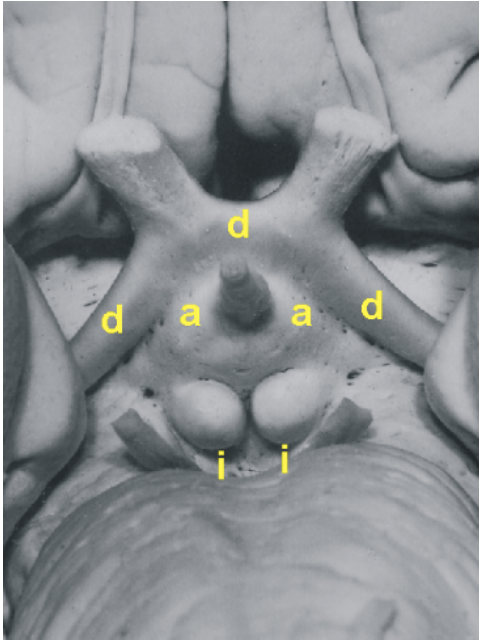


Fig. 1.35. Hipotálamo vista ventral: **i** cuerpos mamilares, **a** paredes infundibulares, **d** cintillas y quiasma óptico.

Morfología y sistematización

Se utilizará el concepto morfológico y de sistematización llamado antero-posterior o de Clark ⁽¹⁵⁾, que divide al hipotálamo en tres partes, que de adelante hacia atrás serán:

Pars supraóptica: PS, con los núcleos supraóptico y paraventricular.

Pars tuberalis: PT, con los núcleos ventromedial, dorso medial, arcuato, lateral y posterior.

Pars mamilaris: PM, con los cuerpos mamilares.

Aunque la parte supraóptica sea un derivado telencefálico, por la similitud de funciones, se analiza con el hipotálamo, que es un derivado diencefálico.

En cuanto a los núcleos arcuato y lateral, se extienden en toda la extensión del hipotálamo. Se analizan con los núcleos de la parte infundibular para facilitar su comprensión y definir su situación. El arcuato está en relación con las paredes del tercer ventrículo; el lateral está situado por fuera del conjunto nuclear.

Todo el sistema nuclear está ricamente conectado por el fascículo telencefálico medial o haz medial del cerebro anterior.

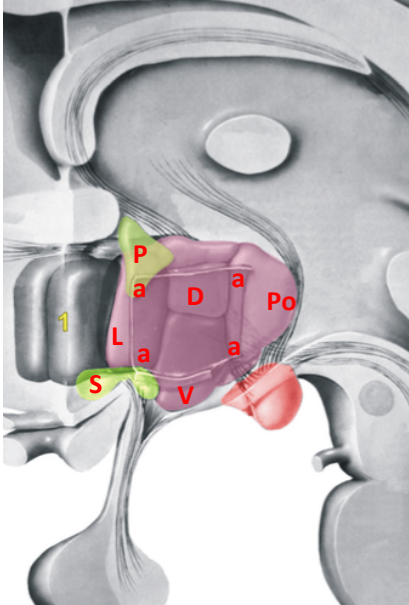


Fig. 1.36. Hipotálamo. División sagital: Pars preóptica, n supraóptico **S** y paraventricular **P**. Pars infundibular, n ventromedial **V**, dorsomedial **D**, arcuato **a**, lateral **L** y posterior **Po**. Pars mamilar. Áreas preópticas **1** ⁽⁴⁹⁾.

Conexiones hipotalámicas ^(13,15,41,48,49).

La casi totalidad de las vías del hipotálamo son a doble sentido. Sin embargo se utilizarán los conceptos de aferencia y eferencia, para facilitar su comprensión.

Aferencias: haz medial del cerebro anterior (**1**) o fascículo telencefálico medial, hace llegar fibras procedentes del *locus coeruleus* (**2**), del área tegmental ventral (**3**), de la sustancia reticular mesencefálica (**4**), del *locus niger* (**5**), de los núcleos del rafé (**6**) y otros reticulares (**7**), de las áreas septales (**8**) y región olfatoria (**9**), que hará impacto en todo el hipotálamo. El fórnix (**10**) hace llegar fibras del hipocampo (**11**) a la parte mamilar (**12**). Por la estría terminal llegan fibras procedentes de la amígdala. De la sustancia gris periacueductal (**7**), por el fascículo de Schutz (**18**) Por el pedúnculo mamilar llega información del tallo cerebral y núcleo del haz

solitario. Por el asa lenticular y el fascículo pálido hipotalámico y fibras subpálido y retinohipotalámicas.

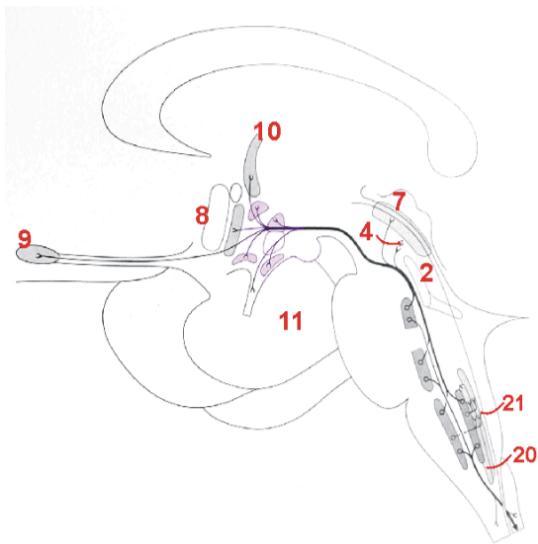
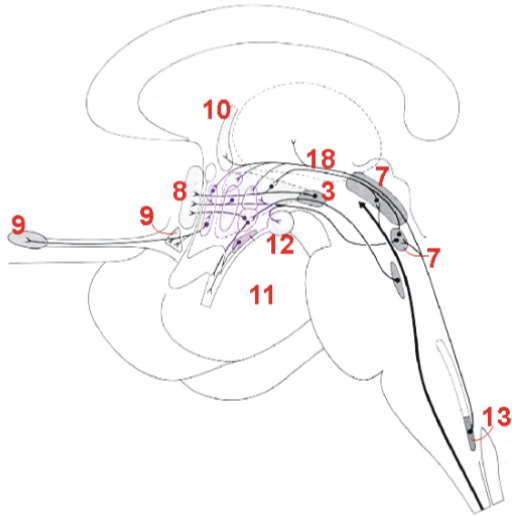


Fig. 1.37 y 1.38. Aferencias del hipotálamo ⁽⁴⁹⁾.

Eferencias: haz mamilotalámico (**14**) hace salir, por medio de PM, a los núcleos anteriores del tálamo. El haz mamilotegmental (**16**), también por intermedio de la PM (**12**), llega al tegmento mesencefálico y núcleo tegmental dorsal (**17**). Por el fascículo longitudinal de Schutz (**18**) a la formación reticular del tallo, a los núcleos

de Edinger y Westphal, al salival (19), al dorsal del vago (20), al del tracto de haz solitario (21), al ambiguo (22), a los motores del V, VII y XII nervos craneanos (23), así como al núcleo gustatorio. De la parte infundibular (24) por la estría talámica (25) a los núcleos habenulares (26) estos a su vez conectan con el n interpeduncular (27) y substancia reticular del tallo.

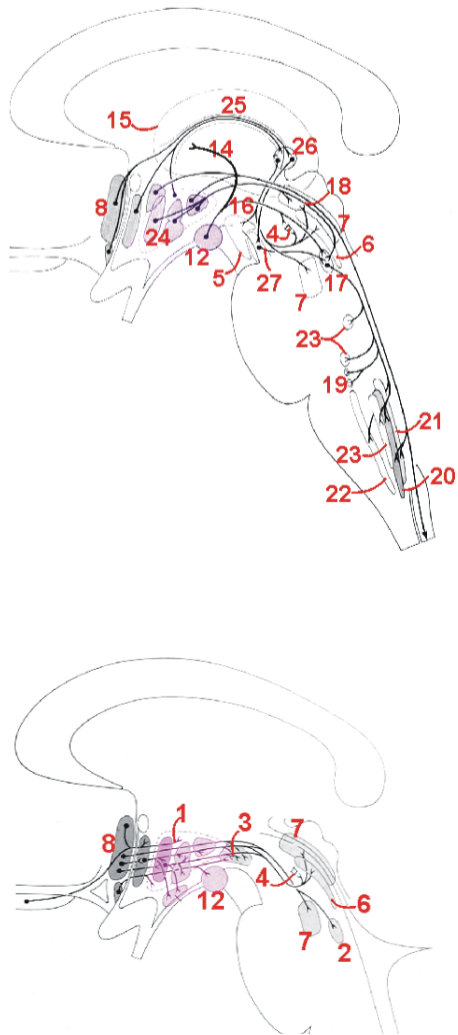


Fig. 1.39 y 1.40. Eferencias del hipotálamo (49).

Hay que recordar que todas las conexiones hipotalámicas son dobles, de llegada y salida de la información.

Hipotálamo funcional (5,13,20,34,39,44,49,39,41,42,44,47,48,54,59)

A -Conducta y expresión emocional

Conducta alimenticia; la ingesta de alimentos se produce por la estimulación del hipotálamo lateral, aún con el animal saciado, la lesión de éste producirá afagia. El núcleo ventromedial y el arcuato son los de la saciedad su estimulación detiene la conducta alimenticia en el animal hambriento, la lesión de éste produce hiperfagia. La lesión del núcleo subóptico produce sed, por un exceso de filtración de orina, en la diabetes insípida

Conducta sexual: la lesión de las partes anteriores y posteriores del hipotálamo producen una pérdida del celo, aún con niveles hormonales adecuados.

Expresión emocional: la lesión bilateral del núcleo ventromedial producirá, además de hiperfagia, reacciones de furia o miedo y respuestas agresivo defensivas, coordinadas y dirigidas, también por lesión del núcleo dorso medial, así como reacciones de pseudo ira en gatos decorticados. El hipotálamo medial frena estas reacciones. La lesión del hipotálamo lateral produce una conducta de rechazo y la destrucción de los cuerpos mamilares una supresión de las conductas agresivas y disminución de las funciones autonómicas.

B -Funciones motivacionales

Reforzamientos positivos y negativos. La estimulación del hipotálamo posterior y del mesencéfalo posterior, provoca un reforzamiento positivo. La estimulación de la porción más dorsal y rostral del hipotálamo da como resultado un reforzamiento negativo.

C -Funciones mnésicas

Ver hipocampo. Hay que recordar que la PM está en íntima relación con las funciones meramente mnésicas. Todo el hipotálamo reforzará esto lo mismo que las reacciones emocionales.

Esquemas de las funciones del hipotálamo:

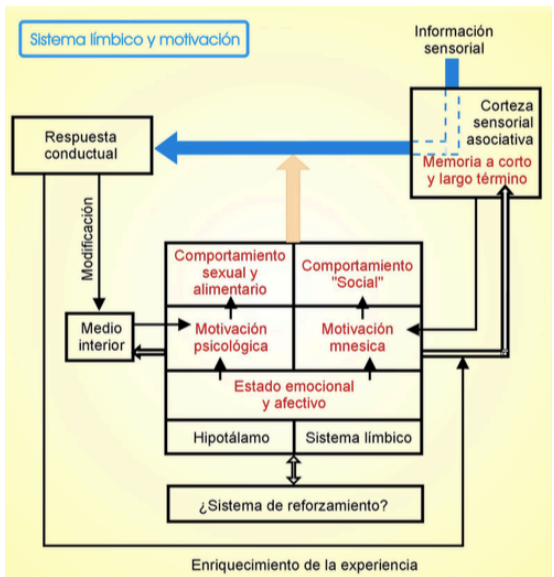
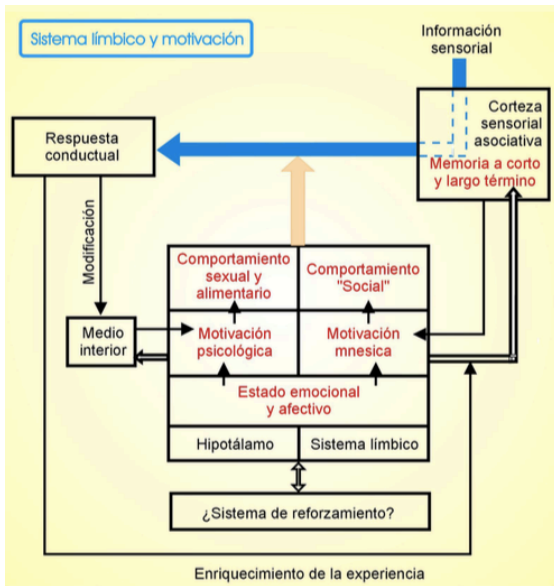


Fig. 1.41 y 1.42. Esquemas del funcionamiento hipotalámico (48).

Circuito de Papez:
 La parte mamilar ★
 del hipotálamo está
 en la parte media del
 circuito de Papez, que
 como sabemos se
 encargará de la
 memoria reciente
 y de la emoción.

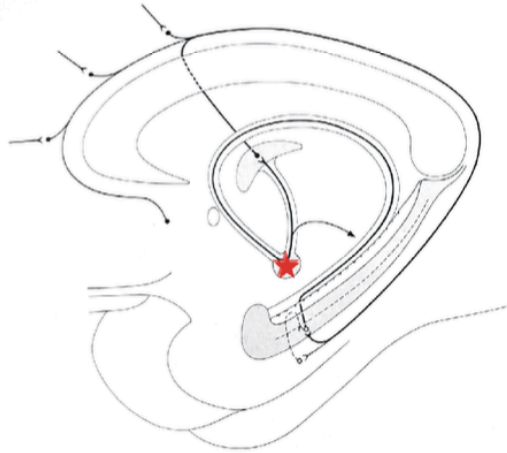


Fig. 1.43. Circuito de Papez (49).

La amígdala (13,17,19,20,32,34,38,39,46,42,44,47,48,49,66)

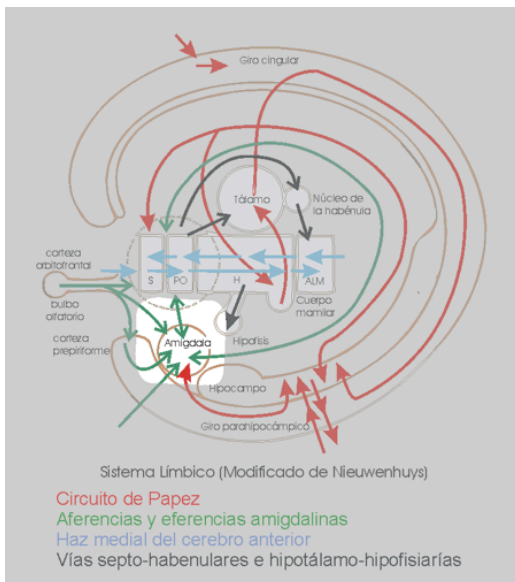


Fig. 1.44. Localización y relaciones de la amígdala (49).

La amígdala es una estructura muy primitiva, es el arquiestriado. Los procesos de telencefalización la llevan a la posición rostroventral que tiene (22, 41, 42). Es un núcleo esférico de 1 cm de diámetro, aproximadamente. Está situada en la parte anterior del quisto giro temporal, por delante y debajo de la parte más anterior del

cuerno ventricular temporal y de la cola del núcleo caudado, por delante de las estructuras del más rostrales del hipocampo retrocomisural o propiamente dicho: albeus, Ca y giro dentado.

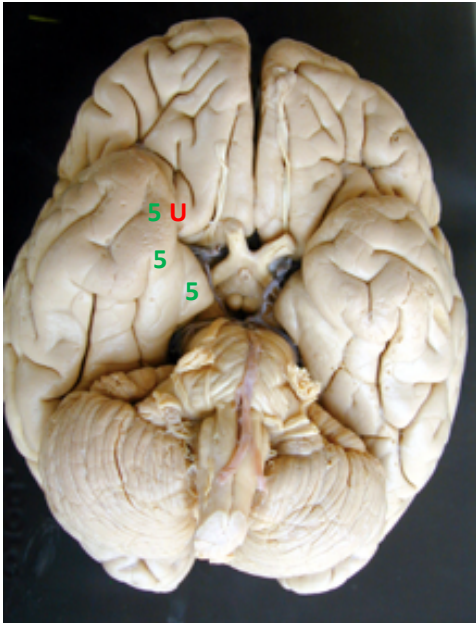


Fig. 1.45. Cara inferior del encéfalo. Uncus **U**. Quinto g temporal **5**, o giro del hipocampo.

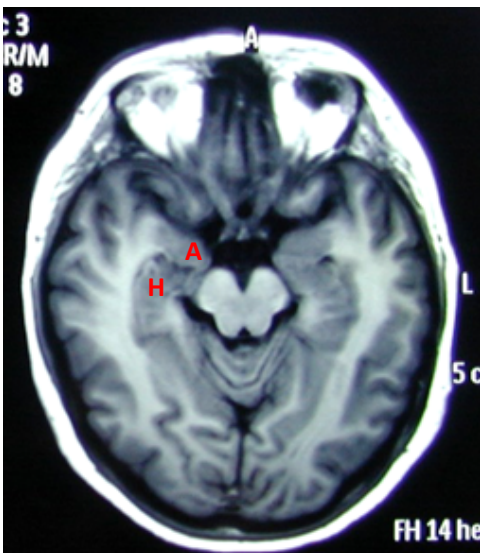


Fig. 1.46. Imagen de RM, en T1, corte axial a nivel mesencefálico, en donde se pueden ver las amígdalas **A** y el hipocampo **H**.

Sistematización

Grupos nucleares:

- 1) Interno = corticomedial.
- 2) Exerno = basolateral.

Dos antigüedades filogenéticas:

- 1) Interno, más arcaico.
- 2) Externo, más nuevo.

Dos tipos de realaciones:

- 1) Interno: conecta con estructuras primitivas olfatorias, con la amígdala contralateral por la comisura blanca anterior, con el hipotálamo, con la substancia reticular del tallo cerebral y con pequeñas porciones de la corteza órbito frontal y olfatoria.
- 2) Externo: conecta con estructuras más evolucionadas, como la corteza cingular, el quinto giro temporal, el lóbulo frontal y diversos sistemas sensoriales, además que tiene las mismas conexiones que el interno.

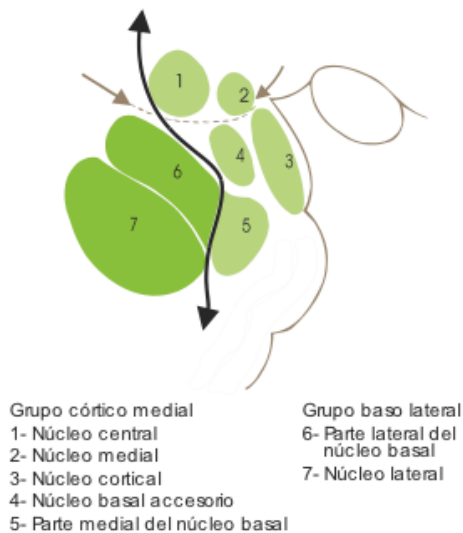
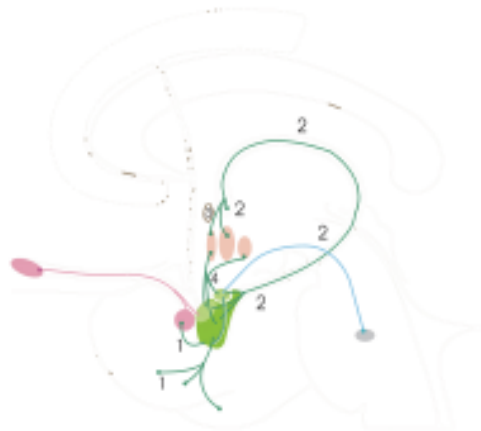


Fig. 1.47. Sistemas nucleares de la amígdala ⁽⁴⁸⁾.

Las aferencias ^(41,48,49)

Llegan de:

- a Del bulbo, cintilla y corteza olfatorias, al núcleo corticomedial.
- b De las áreas preópticas e hipotalámicas a los los complejos nucleares amigdalinos, por medio de la estra terminal y el núcelo del lecho, por la vía amigdalofuga ventral.
- c Por fibras directas del tallo cerebral, de unidades del núcleo gustatorio y parabraquial; por el haz telencefálico medial a la vía amidalofuga ventral, al núcleo corticomedial amigdalino.
- d De las áreas corticales, no olfatorias, como el cíngulo, el tercer giro temporal, la corteza orbitofrontal, el complejo baso lateral y el núcleo ventral.



Núcleos amigdalinos externos

Núcleos amigdalinos internos

Aferencias amigdalinas

1 Aferencias temporales anterolaterales y de áreas olfatorias

2 *Stria terminalis*

3 Comisura blanca anterior

4 Aferencias hipotálamo amigdalinas

Aferencias de núcleos reticulares pontinos
(Haz medial del cerebro anterior)

Núcleo parabraquial del puente

Aferencias amigdalinas

Vías olfatorias

Núcleos preóptico e hipotalámicos anterior y ventromedial

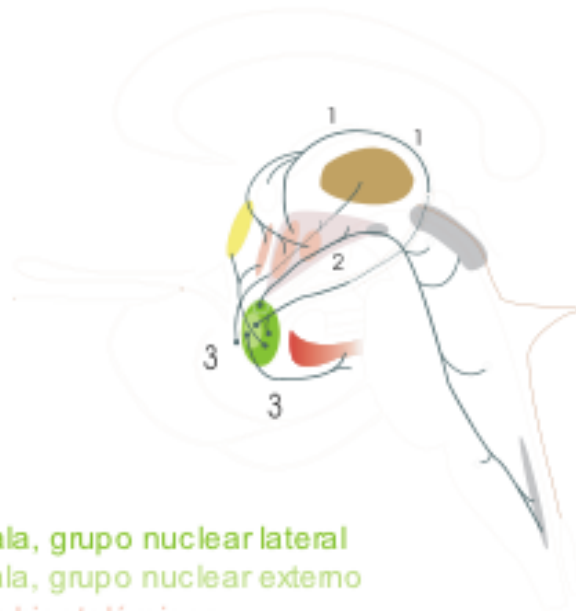
Aferencias de la neocorteza a la amígdala

○ ○ ○ ○

Fig. 1.48. Las aferencias amigdalinas ⁽⁴⁹⁾.

Las eferencias van (41,48, 49)

- a) A las áreas septo, preóptico hipotalámicas del complejo córticomedial, por vía estría terminal en sus tres componentes; preóptica media y anterior hipotalámica por precomisurales; comisurales conectan complejos córticomediales; retrocomisurales: de toda amígdala al núcleo del lecho, núcleo hipotalámico anterior, basolateral, por vía amigdalofugal ventral a corteza frontal medial, septal basal e hipotálamo lateral.
- b) Al tálamo medial y núcleo medial del tálamo.
- c) A la sustancia reticular y otros núcleos del tallo, del núcleo central o córticomedial, al hipotálamo lateral, el área tegmental ventral, sustancia reticular del tallo y núcleo dorsal, motor del vago.
- d) A la corteza cerebral de toda la amígdala, a la corteza entorrinal, del núcleo basolateral a las áreas de Brodman 4, 6, 25, 32, 35, 36 y a la corteza insular.



Amígdala, grupo nuclear lateral
Amígdala, grupo nuclear extemo

Núcleos hipotalámicos

Hipocampo

Tálamo

Sustancia gris periacueductal

Núcleo dorsal del vago

◇ Sustancia reticular del tronco cerebral

1 Estría terminal

2 Fascículo telencefálico medial

3 Corteza entorrinal y periamigdalóidea

Fig. 1.49. Las eferencias amigdalinas ⁽⁴⁹⁾.

La amígdala funcional ^(17,38,42,44,48,49,66)

Los tres componentes funcionales del sistema límbico, aparte de las funciones sobre el sistema nervioso autónomo.

- a) Mnésicas: memoria olfatoria y auditiva y se supone que también la visual.
- b) Motivacionales: centro de placer, receptor de endorfinas, placeres como el musical y diversos tipos de drogas, como la morfina y sus derivados, la cocaína y los cannabinoles.
- c) Conductuales:

social; complejo corticomedial, facilita la agresividad. El basolateral tiene control sobre el corticomedial.

Alimenticia; lo hace interactuando con el núcleo ventromedial del hipotálamo, en situaciones de sed o hambre.

Sexual; La lesión o eliminación de ambas amígdalas provoca un estado permanente de hipersexualidad, síndrome de Küver y Bucy.

Tiene funciones autónomas, que son alteraciones de la frecuencia cardíaca, de la presión arterial, del peristaltismo intestinal, del control esfinteriano, de la salivación y de la micción.

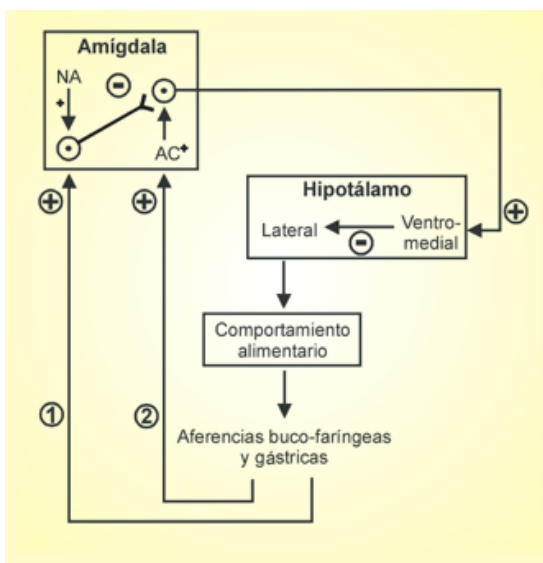


Fig. 1.50. Amígdala funcional. Comportamiento alimenticio (48,49).

Algunas funciones del núcleo central de la amígdala:

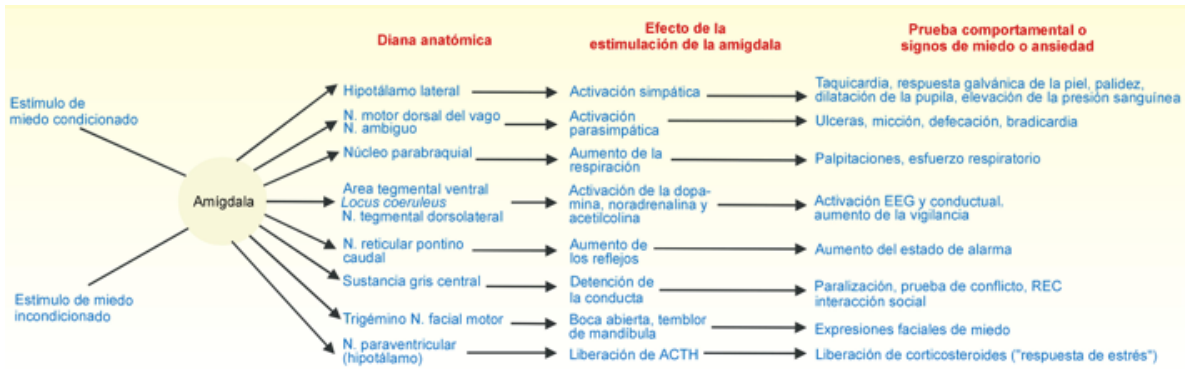


Fig. 1.51. Esquema de las funciones del núcleo central de la amígdala (34).

El rinencéfalo (13,32,34,41,42,44,47,48,49)

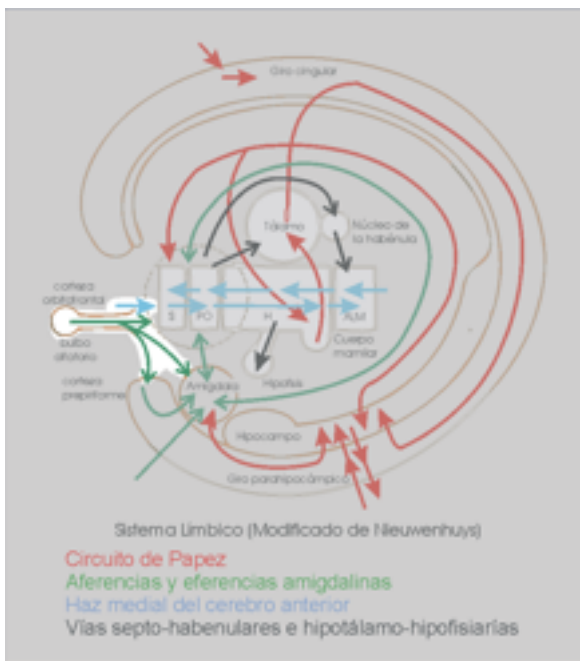


Fig. 1.52. Localización y relaciones del rinencéfalo (49).

La olfacción es el sistema sensorial que más desarrollado tienen los animales, hasta los primates superiores no humanos. El más primitivo de los vertebrados, el tiburón, tiene un cerebro esencialmente olfatorio. Ninguno de estos animales sobrevive a la ablación de sus estructuras olfatorias. En el humano, la olfacción sufrió una involución, ya no es para la sobrevivencia, más que en algunas situaciones: olores peligrosos, como el olor a gas, el olor de lo quemado, el olor a cadáver. Ya la percepción del universo que tienen los animales, que es básicamente olfatoria el hombre la perdió; reconoce olores familiares, en ocasiones y en ocasiones no, lo mismo para las funciones de procreación y sexuales en general. Para esto subsisten los perfumes, que a más finos mayor cantidad de ferhormonas que tiene el mordiente. La degeneración de nuestro olfato hace que lo utilicemos para sutiles distinciones en los vinos y en la comida, no más [\(23,45,47\)](#).

Las siguientes imágenes muestran las estructuras rinencefálicas.



Fig. 1.53. Cara basal del cerebro. G recto **gR**. Surco olfatorio **sO**. Bandeleta olfatoria **baO**. Bulbo olfatorio **bO**, Estrías medial y lateral **eO**.

El primer nervio craneano esta constituido por los axones de los receptores olfatorios, situados en la mucosa pituitaria, en la parte superior de las fosas nasales, un conjunto de axones de estos receptores, envueltos por una vaina de mielina, pasan a través de los agujeros de la lámina cribosa del etmoides. Tienen un primer relevo en el bulbo olfatorio en lo que se llama glomérulo olfatorio, que presentará ya una organización en capas; de este bulbo olfatorio sale la cintilla olfatoria, que es más que un nervio, un tracto cerebral (42).

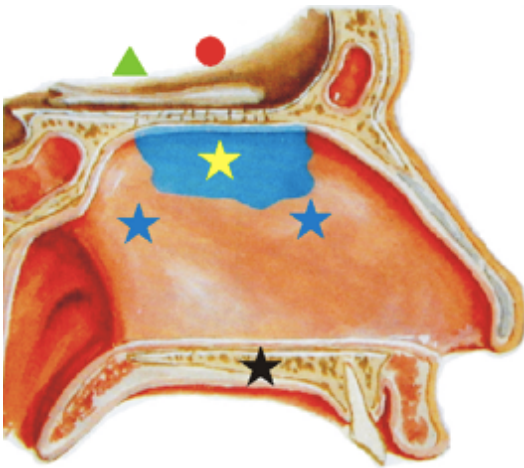


Fig. 1.54. Mucosa pituitaria medial, en contacto con el tabique nasal y la lámina cribosa del etmoides. Estrella amarilla. Bulbo olfatorio punto rojo, cintilla triángulo verde (47).

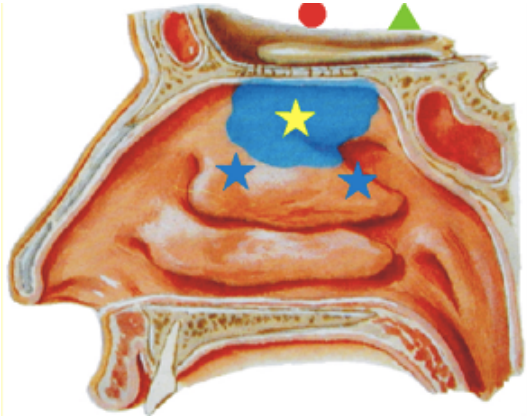


Fig. 1.55. Mucosa pituitaria lateral, del lado de los cornetes.

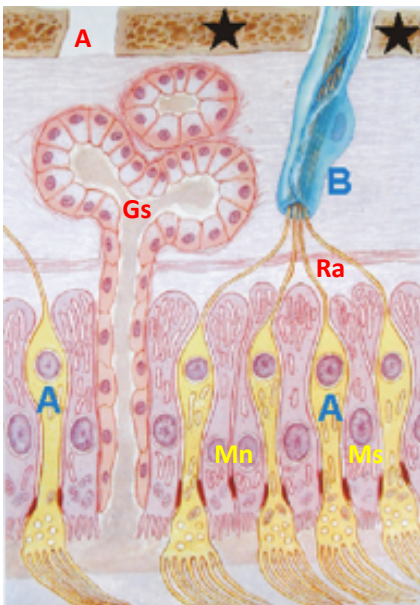


Fig. 1.56. Receptores olfatorios **A**, en la mucosa nasal **Ms**, que se reúnen en racimos **Ra**, que son envueltos en vainas de mielina **B**, para pasar por un agujero **A** de la lámina cribosa, estrella negra; y una glándula secretora de moco **Gs** ⁽⁴⁷⁾.

El bulbo olfatorio: Es una estructura ovoide aplanada que descansa sobre la lámina cribosa etmoidal y que recibe aproximadamente cien millones de axones del primer nervio craneano. Mil de estas fibras se articulan con una célula mitral. Estas sinapsis más las dendritas de las células periglomerulares constituyen el glomérulo

olfatorio. El bulbo olfatorio presenta 4 capas, que de abajo hacia arriba son: 1.- capa plexiforme externa, con los glomérulos y las células periglomerulares, 2.- capa plexiforme interna, con las células mitrales y las granulosas, 3.- capa de fibras eferentes y 4.- capa superior del tracto olfatorio.

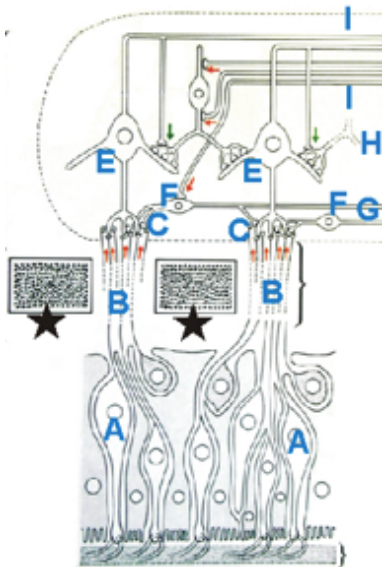


Fig. 1.57. Glomérulo olfatorio. Receptores olfatorios **A**. Racimo pasando por agujero de la lámina cribosa, estrella negra. Complejos polisinápticos glomerulares **C**. Células periglomerulares **F**. Células mitrales **E**. Células granulosas **H**. Capa de fibras eferentes y capas superior del bulbo olfatorio **I** ⁽⁴⁸⁾.

La cintilla olfatoria va a alojarse, lo mismo que el bulbo, en la parte inferior del surco olfatorio. Se dividirá en su parte posterior en tres estrías: la intermedia acaba en el tubérculo olfatorio, la lateral en el núcleo corticomedia amigdalino y la medial en las áreas y núcleos septales. Todas las áreas olfatorias reciben información de estas estrías.

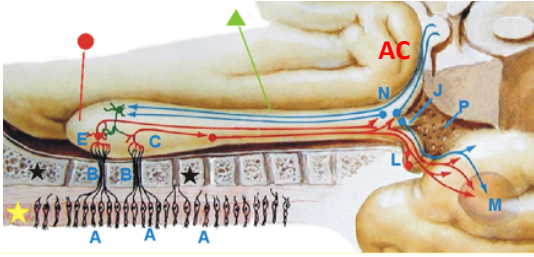


Fig. 1.58. Bulbo olfatorio, círculo rojo. Cintilla olfatoria, triángulo verde. Estría medial **N**. Estría lateral **L**. Estría media **J**. Espacio perforado anterior **P**. Núcleo amigdalino corticomedia **M**. Áreas septales y comisura blanca anterior **AC** ⁽⁴⁷⁾.

Estrías olfatorias, espacio perforado anterior y corteza olfatoria

El espacio perforado anterior tiene como límite posteromedial la bandeleta longitudinal de Broca, que es prolongación del *induseum griseum*. La bandeleta de Broca se continúa con la de Giacomini, que a su vez termina en el giro dentado, constituyéndose así en un giro circular. Las estrías olfatorias lateral y medial son el límite anterior del espacio perforado anterior. El quiasma y la parte anterior de la cintilla óptica limitan a este espacio por dentro, junto con la estría medial. La denominación de espacio perforado es a causa de los agujeros que existen para dar paso a las arterias perforantes de a la base anterior del hemisferio, ramas de ACa y ACm, las dos en su primera porción.

La estría olfatoria lateral termina en el grupo nuclear córtico medial amigdalino y en el área prepiriforme. La intermedia termina en el tubérculo olfatorio y en el núcleo olfatorio anterior. La medial llega a las áreas y núcleos septales. Las áreas de Brodmann en relación con la olfacción son la 28 34, 35,36 y 38, que corresponden a las áreas prepiriforme, preamigdalina y entorrinal.

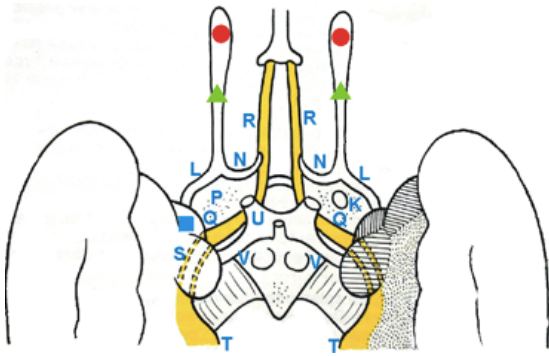


Fig. 1.59. Espacio perforado anterior **P**. Tubérculo olfatorio **K**. Estría olfatoria lateral **L**. Estría olfatoria medial **N**. Bandeleta longitudinal de Broca **Q**. *Induseum griseum* **R**. Bandeleta de Giacomini **S**. Giro dentado **T**. Quiasma óptico **U**. Bandeletas ópticas **V**. Triángulo verde cintilla olfatoria. Círculo rojo bulbo olfatorio ⁽⁴⁸⁾.

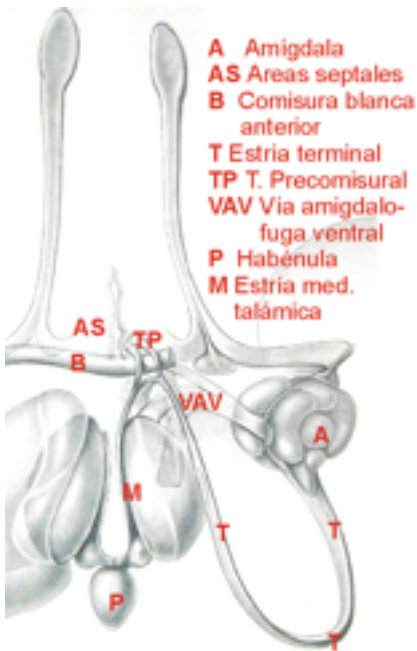


Fig. 1.60. Conexión de las vías olfatorias con la amígdala, el tálamo, áreas septales y la habénula ⁽⁴⁹⁾.

Los estímulos olfatorios (ver Figura 47) inician tanto su viaje como su transducción en los receptores olfatorios de la mucosa pituitaria y en el bulbo y núcleo olfatorios. Llegan a la corteza y la substancia del espacio perforado anterior, con su núcleo y

tubérculo olfatorios; de igual manera la corteza prepiriforme (cuadro azul) y el núcleo corticomedial amigdalino. Del área prepiriforme y núcleo corticomedial amigdalino **M** pasará a la corteza entorrinal hipocámpica **Ce** y el sistema nuclear basolateral de la amígdala. Por la bandeleta lateral de Broca **Q** alcanza al haz medial del cerebro anterior **1**.

La estría medial **2**, que hace impacto en núcleos y áreas septales **O**, descarga también sobre el haz telencefálico medial **1**. Tanto del área prepiriforme (Cuadro azul) como el espacio perforado anterior **P**, en contingentes precomisurales y retrocomisurales, viajando por la estría medular del tálamo **2**, alcanza al núcleo habenular **3**, que hará contacto a su vez con el interpeduncular **4** y el tegmento mesencefálico y pontino **5**.

Los dos grupos nucleares amigdalinos, por vía de la estría terminal, ponen en contacto al sistema olfatorio con las áreas septales **O**, la comisura blanca anterior y el fascículo telencefálico medial **1**, con su rica red de conexiones hipotalámicas y del tallo cerebral, como la sustancia reticular del tallo cerebral, los núcleos de los nervios craneanos, hasta los segmentos bulbares. Tiene, así mismo, influencia sobre la corteza del giro del cíngulo.

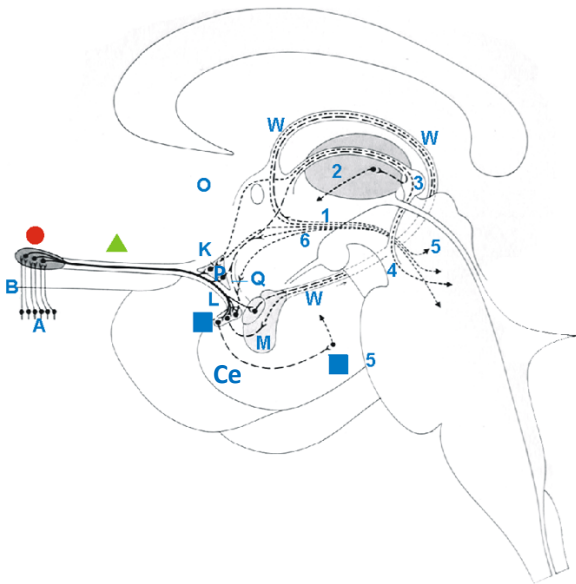


Fig. 1.61. Conexión de las citillas olfatorias, K y L, por medio del fascículo telencefálico medial 1. Su relación con el tálamo, la habénula y núcleo interpeduncular (ver texto) ⁽⁴⁹⁾.

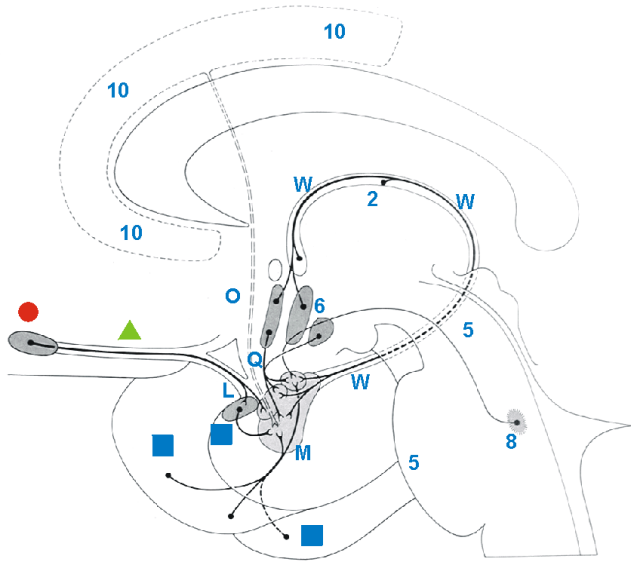


Fig. 1.62. Amígdala y olfacción ⁽⁴⁹⁾.

Los dos grupos nucleares amigdalinos **M**, (ver Figura 48) por vía de la estría terminal **W**, ponen en contacto al sistema olfatorio con las áreas septales **O**, la comisura blanca anterior y el fascículo telencefálico medial **1**, con su rica red de conexiones hipotalámicas **6** y del tallo cerebral **5** y los núcleos de pares craneales **8**, pontinos y bulbares. Hay comunicaciones con la corteza límbica, el giro del cíngulo **10**.

Funciones del rinencéfalo.

Si bien es cierto la olfacción es un sistema atrófico en el hombre podemos aún reconocerle muchas funciones. Las más importantes quizás son las que tienen que ver con los aromas nocivos de productos biológicos en putrefacción, de la materia fecal, diversos tipos de sustancias nocivas como el gas o el olor a quemado. Aunque de forma más atenuada que en los animales macrosmáticos, la olfacción ayuda también para la atracción sexual y en menor manera para la delimitación de territorios (olores familiares, olores extraños). Por último, en el humano una de las

funciones más importantes, es la apreciación del gusto de los alimentos, que sin la olfacción se vuelven insípidos.

Áreas septales (3,13,32,35,39,41,42,48,49,52,53)

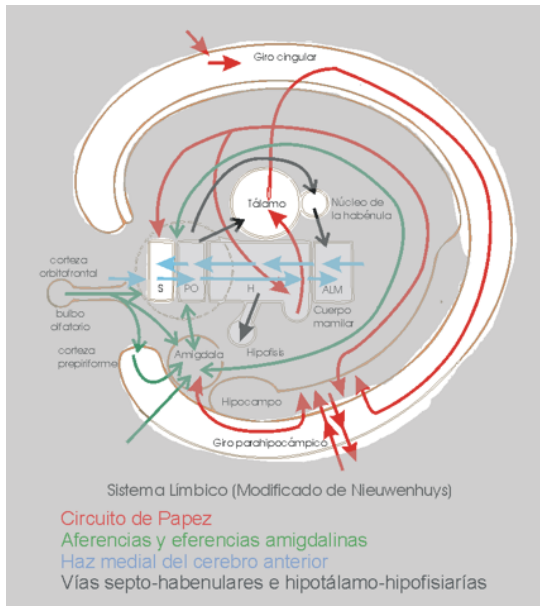


Fig. 1.63. Localización, conexiones y referencias de las áreas septales (49).

Son un pequeño contingente de núcleos, a los cuales en ocasiones no se les da gran importancia, importancia que sí tienen, por lo que veremos enseguida.

Son de estirpe telencefálica, están situados en el área brodmaniana 25, en la cara medial del hemisferio, constan de dos giros y un surco: giro paraterminal o subcalloso y el diagonal o paraolfatorio, separados por el surco paranasal o paraolfatorio. Limita por atrás con la lámina terminalis y la comisura blanca anterior, por arriba con el rostrum del CC, por delante con el surco paraolfatorio anterior, que las separa del giro recto y del giro subcalloso, inicio del giro del cíngulo y las fibras más distales del hipocampo supra-comisural. Por abajo su límite es en la parte más posterior del borde medial anterior la estría olfatoria medial y la parte más medial del espacio perforado anterior, ya en contacto con las estructuras de la línea media.

Por fuera, y en el parenquima frontoorbitario, con el núcleo acumbens septi. A este conjunto de estructuras, con sus respectivos núcleos, se le denomina región septal.

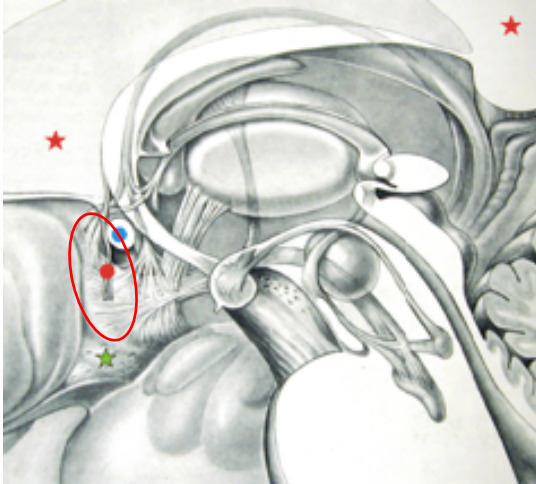


Fig. 1.64. Áreas septales, sus relaciones y conexiones. Óvalo rojo, sitio de las áreas septales. Estrella verde, substancia perforada anterior. Estrellas rojas, septum y esplenio del CC. Círculo azul comisura, blanca anterior. Círculo rojo, lámina terminal (49).

Sistematización (13,41,48,49)

Los núcleos del septo van a dividirse en un grupo lateral L, compuesto por un núcleo dorsal **2** y uno ventral **3**; y un grupo medial **M** constituido por un núcleo mediano, subdividido en parte anterior y parte posterior **5** y **6**. Existe, además, el núcleo de la bandeleta de Broca **4**. A este grupo nuclear se le denomina *septum verum*. El núcleo *acumbens septi* es una estructura de unión entre el estriado y las estructuras septales.

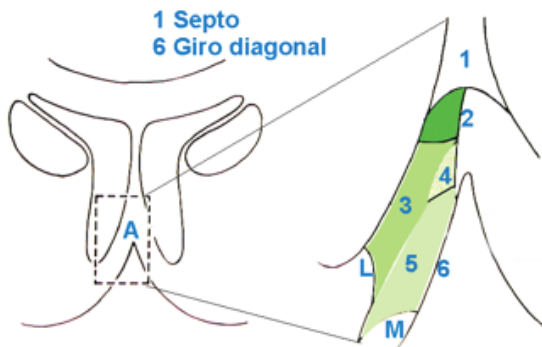


Fig. 1.65. Núcleos septales (ver texto) ⁽⁴⁸⁾.

Conexiones de la región septal

Estas áreas están ricamente conectadas con el resto del sistema límbico. El grupo septal medial se continúa por el núcleo de la cintilla diagonal de Broca **a** y por este medio conecta con la amígdala **b**. El septal lateral toma contacto con la comisura blanca anterior **k** y los núcleos del *septum pellucidum*. Están conectadas con los contingentes hipocámpicos supra y precomisurales **L**. Tienen conexiones directas con la habénula **d**, por medio de la estría medular y de ahí al tegmento mesencefálico **f**, con el núcleo interpeduncular y con la sustancia negra. Conectan con la sustancia gris periacueductal **g** por medio del fascículo medial del cerebro anterior **M**, que a su vez las comunica con las estructuras hipotalámicas. Este mismo haz medial del cerebro anterior las pone en contacto con las instancias bulbares del tallo cerebral **j**. Las vías que llegan del núcleo interpeduncular, a estas áreas, son colinérgicas; las de la sustancia reticular son serotoninérgicas y las del tegmento mesencefálico dopaminérgicas.

Aferencias y eferencias a las áreas septales

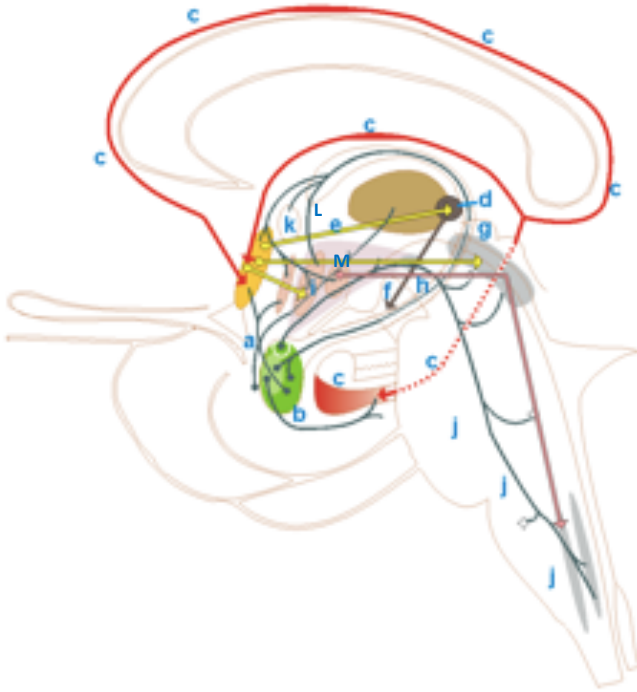


Fig. 1.66. Conexiones de las áreas septales (ver el texto) ⁽⁴⁹⁾.

Funciones: son las tres del sistema límbico

Mnésicas: interactúa con el hipocampo y el hipotálamo, influenciando los procesos de memorización, tanto por el estado emocional como de atención y vigilia.

Motivacionales: se sabe que la estimulación de las áreas septales, tanto en el hombre como en la rata, produce una sensación de bienestar general y de euforia. No es banal su estrecho contacto con el hipotálamo, los núcleos *acumbens*, el amigdalino y el estriado ventral.

Conductuales: La lesión de las áreas septales en el hombre puede producir diversos grados de alteración de la conciencia y de la emoción, al grado de llegar a un coma profundo. Sin embargo, se puede producir también un efecto contrario, llegando a diversos grados de hiperemotividad y rabia estereotipada. Es considerado como un atenuador emocional, que tiene cierto control sobre amígdala e hipotálamo.

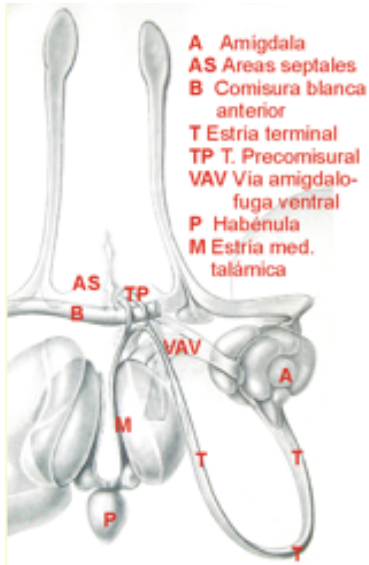


Fig. 1.67. Áreas septales y sus relaciones con sistema olfatorio, amígdala, tálamo y habénula ⁽⁴⁹⁾.

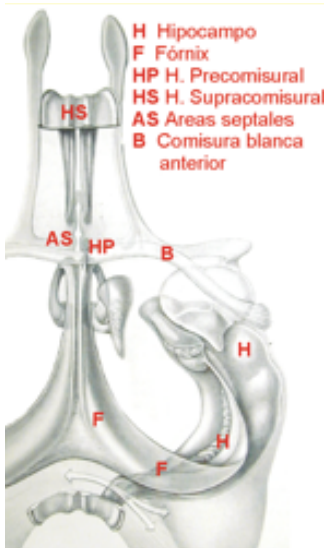


Fig. 1.68. Áreas septales e hipocampo supra y precomisural ⁽⁴⁹⁾.

Cerebelo (13,19,24,41,49)

Es un derivado telencefálico.

Tres divisiones del cerebelo:

- 1.- Longitudinal, zona vermiana, intermedio laterales y laterales.
- 2.- Transversal con un lóbulo (l) anterior separado del posterior por la fisura primaria y lóbulo posterior, separado del l flóculo nodular por la fisura posterolateral.
- 3.- Filogenético, en archi, paleo y neocerebelo.

En el techo del III ventrículo están los velos medulares, anterior o superior y posterior o inferior. Sobre estas estructuras de sustancia blanca tenemos:

- a) Vermis: rostrocaudal; llingula, lóbulo central, cúlmen, declive, folium, tubérculo, pirámide y úvula; entre cúlmen y declive está el surco (S) primario y entre úvula y nódulo está el s posterolateral.
- b) Hemisferios: correspondiendo al vermis, con inicio en el l central, el ala del l central, l cuadrilátero anterior, l cuadrilátero posterior; entre estos dos l está el s primario; l semilunar superior, l semilunar inferior y l gracilis, que conecta con el tubérculo y la pirámide. Entre el flóculo y los pedúnculos se distingue el paquete acústico facial.

Enseguida tenemos al l digástrico la amígdala cerebelosa en contacto con la úvula. Los flóculos con el nódulo y entre la amígdala y flóculo está el s postero lateral.

Esta anatomía está enrollada sobre sí misma y tiene:

- a) Una cara anterior; con una escotadura horizontal, la vallecula (V) anterior, que limita hacia arriba en los pedúnculos cerebelosos y hacia abajo en la amígdala. El nódulo y la llingula casi se tocan.
- b) Cara postero lateral; En la parte media y baja de esta cara está la vallecula posterior, que lleva una dirección perpendicular a la V anterior. La parte superior está en contacto con la tienda del cerebelo, la parte inferior con el occipital, por atrás y el peñasco del temporal a los lados. El todo en la fosa posterior del cráneo. Entre las caras anterosuperior y posteroinferior, en la cara posterolateral del cerebelo, está el s horizontal.

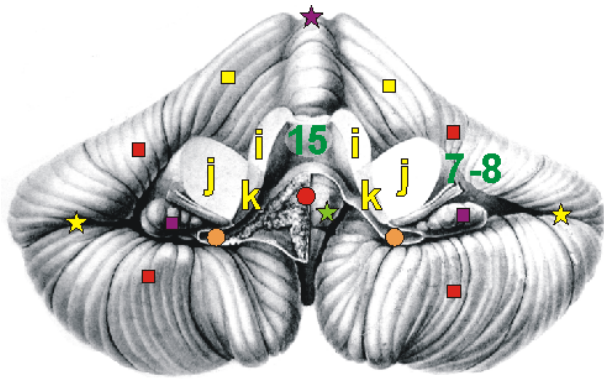


Fig. 1.69. Cara anterior del cerebelo. Estrella amarilla, vallecule anterior. Cuadrados rojos, lóbulo posterior del cerebelo. Cuadrados amarillos lóbulo anterior del cerebelo. Cuadrados morados, flóculos. Círculo rojo, nódulo. Círculo naranja, recesos laterales del IV ventrículo. Velo medular superior 15. Pedúnculos cerebelosos superior **i**, medio **j** e inferior **k** ⁽⁴⁹⁾.

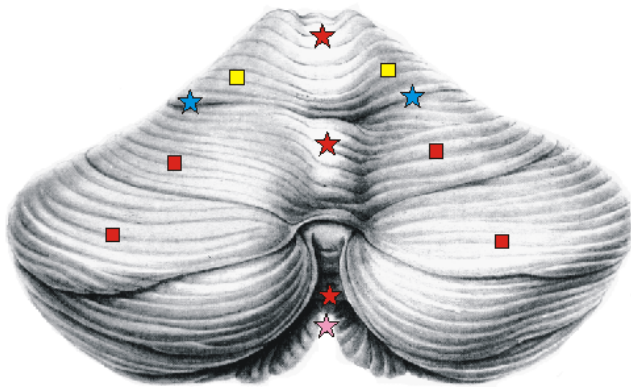


Fig. 1.70. Cara postero lateral. Estrella rosa, vallecule posterior. Estrellas rojas vermis. Cuadrado rojo, lóbulo posterior. Cuadrado amarillo, lóbulo anterior. Estrella azul, surco primario ⁽⁴⁹⁾.

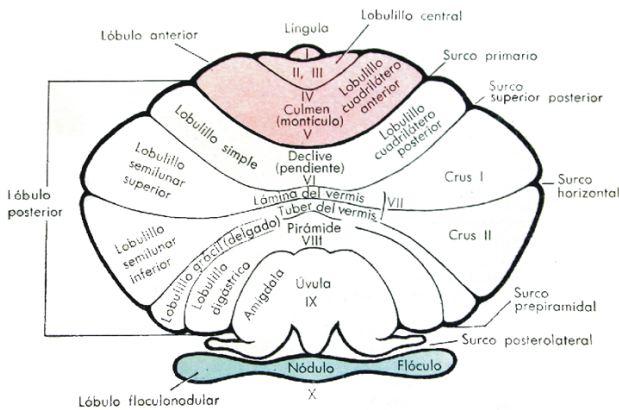


Fig. 1.71. Esquema del cerebelo desarrollado (13).

Cerebelo funcional

El arquicerebelo: región vermiana y L flóculo nodular, se encargan del equilibrio, estático y dinámico.

El paleocerebelo: núcleo interpósito, núcleo globoso y emboliforme, región para vermiana y el L anterior, se encargan del tono, postura y reflejos posturales.

El neocerebelo: núcleo dentado y hemisferios cerebelosos, se encargan de los movimientos finos y la memoria motriz.

La corteza cerebelosa es de tres capas:

1. Capa externa, estrato molecular: con neuronas en canasta y estralladas;
2. Capa media: células de Purkinje.
3. Capa interna: células granulosas, plexo paralelo.

En la capa interna, en el plexo paralelo, con dendritas de las células de urkinje, de las células en canasta y estralladas, se estructura el glomeurlo cerebeloso. Todas las células del cerebelo, con excepción de las células de Golgi, arborizan perpendicularmente al sentido de las folias

Tálamo límbico (41,48,49)

Los núcleos talámicos en relación con el sistema límbico son el anteroventral, del grupo anterior y el dorsomedial, del grupo dorsal medial. Al primero llegarán aferencias procedentes del hipotálamo y del cuerpo mamar. Las eferencias se proyectan a la corteza, en el giro cingular, istmo y giro del hipocampo, quinto

temporal. Las áreas de Brodman son la 23 a 35 y 48-49. El dorso medial recibe aferencias del área preóptica hipotalámica y a su vez envía eferencias a las áreas frontales, 8 a 11 y 44 a 47 de Brodman.

En cuanto a las conexiones del núcleo antero ventral, se sabe que forman parte del circuito de Papez y las que dependen del grupo dorso medial van a tener contacto con áreas corticales prefrontales, que tienen que ver con el matiz emocional y con la autocrítica.

Desde el punto de vista funcional, dentro de los conceptos de integración emocional estos núcleos talámicos aportan a la corteza cerebral impulsos y son el eslabón central para configurar el tono afectivo que matiza la conducta proyectiva y regula la expresión emocional.

Corteza límbica

Son dos las regiones de la corteza que tienen que ver de manera preponderante con el sistema límbico: el área prefrontal y el llamado lóbulo límbico. La región prefrontal muestra, aparte de las áreas septales, las áreas de Brodman 9 a 12. El lóbulo límbico lo componen el giro del cíngulo, el istmo y el quinto giro temporal, giro parahipocámpico, que se divide en región entorrinal anterior y posterior o presubicular. La corteza entorrinal con las áreas B 34, 35 y 38, la presubicular con las 27, 48 y 49 B. El giro del cíngulo con las 23 a 25 y 31 a 33 B. Las ístmicas son la 26, 29 y 30 B.

Las conexiones intercorticales cobran importancia en las áreas asociativas visuales, 19 a 21 B; somestésicas 7 B, auditivas de asociación 22 B, y áreas frontales 49 y 9 B, que envían impulsos a la corteza parahipocámpica. A su vez, la corteza cingular recibe aferencias de las áreas 7, 9, 22 y 42 B.

Implicaciones funcionales de la corteza límbica (43 BIS)

Mnésicas; ver hipocampo.

Conductuales; tiene que ver con conductas vitales primitivas, tales como alimentación y reproducción.

Para estas dos funciones, la corteza matiza el tono afectivo y las emociones. Los procesos psiquiátricos, lobotomía prefrontal o cingulotomía, por ejemplo,

aplanan el tono afectivo y disminuyen la agresividad, con un despertar de la libido, paren anular los procesos de motivacion, positiva o negativa.

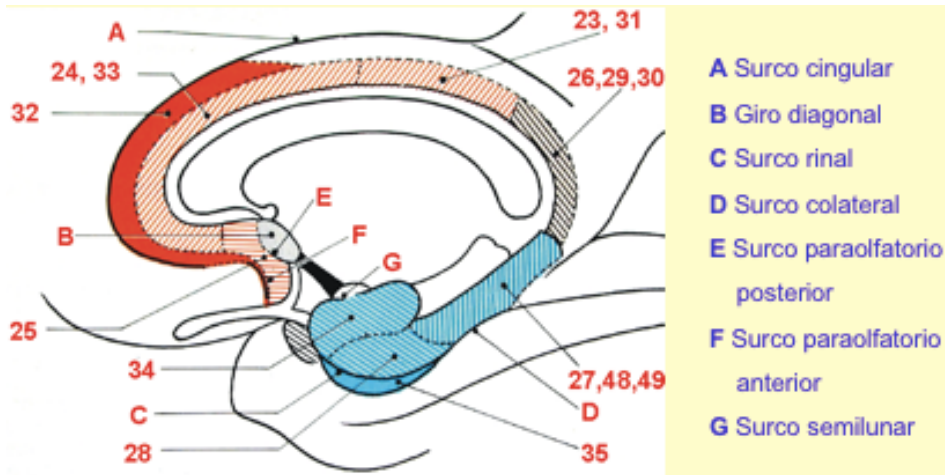


Fig. 1.72. Áreas de Brodmann en relación con el lóbulo límbico (áreas septales, cíngulo, istmo y quinto giro temporal ⁽⁴⁸⁾).

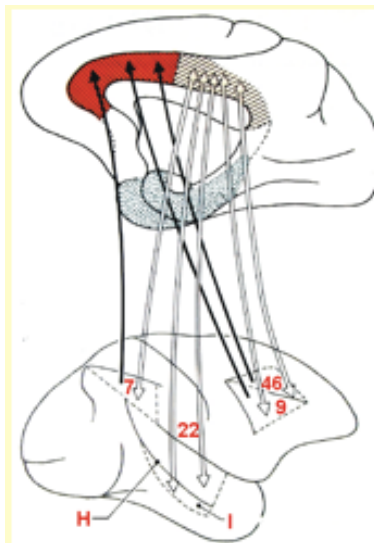


Fig. 1.73. Relación entre las áreas límbicas de la cara medial y las de la dorsolateral. Es importante ver que se conectan con las áreas 22, 7 y 9 ⁽⁴⁸⁾.

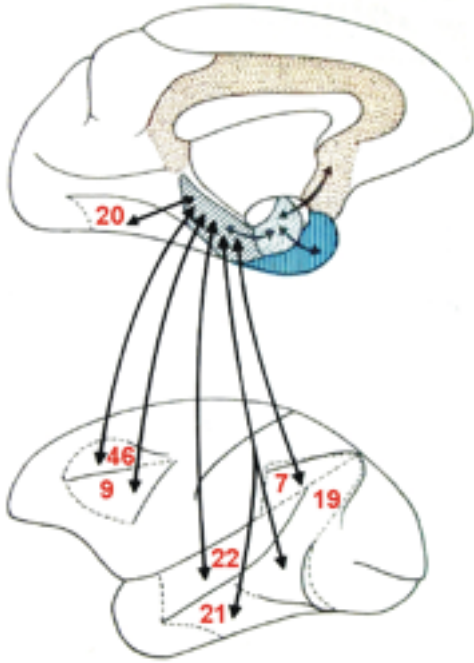


Fig. 1.74. Relación entre las áreas corticales para-hipocámpicas y las áreas de la convexidad 22, 7, 19, 21 y 29 ⁽⁴⁸⁾.

CAPÍTULO 4

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue: Comparativo, trnasversal y analítico

Hipótesis:

H1: Los niños con entrenamiento musical tienen un patrón de activación cerebral diferente de los niños no músicos en la escucha musical en IRM funcional.

H2: Un paradigma musical en tono mayor ocasionará una activación cerebral diferente del en tono menor

H3: La escucha musical activa más áreas límbicas en el niño músico.

Sujetos de investigación

Participaron en este protocolo un total de 9 niños sanos, divididos en dos grupos, cuatro niños músicos diestros, un alumno zurdo, también músico y cuatro niños no músicos, de nivel primaria 2,3,5,y 6 grado Los alumnos músicos participaron tres que cursaban el quinto grado de primaria, tenían una experiencia de estudios musicales anteriores al estudio de 6, 4, 2, 2, años de experiencia previa al aprendizaje de las obras que se utilizaron en este estudio.

Con un entrenamiento de 4-6 horas por día en su instrumento, los alumnos diestros que participaron fueron; un pianista, un violinista, un oboísta, y un percusionista. El alumno zurdo también pianista con un entrenamiento diario de cinco horas fue descartado del presente estudio. Los alumnos músicos fueron reclutados en el Conservatorio Nacional de Música y todos ellos contaban con una preparación formal de materias musicales, solfeo, conjuntos corales, e instrumento. Los alumnos no músicos fueron reclutados de una escuela primaria, y cursaban el segundo, tercero, quinto y sexto de primaria, y se les enseñó la melodía.

A los padres de los sujetos de estudio, se les dio una plática informativa sobre el proyecto antes de iniciar con el reclutamiento.

Posteriormente los padres firmaron el consentimiento informado para una participación libre y voluntaria de sus hijos. Los ensayos de las obras tuvieron una duración de un año y medio, se les realizó a todos los sujetos del estudio, una

prueba de vocalización en la cual, se debía escuchar que aún no tuvieran el cambio de voz, para evitar alguna lesión en las cuerdas vocales y que contaran por los menos con dos octavas de extensión vocalmente, es decir, 16 notas a partir de un do índice 5.

Con esta tesitura los alumnos realizaron el estudio de la primera voz de las obras a estudiar, el Oratorio de Navidad de Juan Sebastián Bach BWV 248 y la Pasión Según San Mateo BWV 244 de Juan Sebastián Bach de ambas obras aprendieron los primeros números del Oratorio de Navidad JAUCHET, FROHLOCKET AUF, PREISET DIE TAGE, (¡Alegraos, cantad felices! ¡Alabad este día!) y de la Pasión según San Mateo, KOMMT IHR TOCHTER HELFT MIR KLAGEN (Venid, hijas, auxiliadme en el llanto).

El entrenamiento vocal consistió en realizar ejercicios de vocalización de terceras mayores, terceras menores, acordes mayores, acordes menores de manera ligada y en stacatto. Una vez realizado el calentamiento vocal, se leyó la obra en alemán y se dio la traducción de la misma al español, para que hubiera un sentido en la interpretación de la obra, el aprendizaje de la obra se realizó en el idioma original (alemán), tal como lo escribió el músico compositor Juan Sebastián Bach.

Todos los sujetos de estudio asistieron a los ensayos de la obra, tanto los músicos como los no músicos, realizaron el aprendizaje de la obra, los alumnos que tenían conocimiento de solfeo guiaban a los no músicos para que realizara el aprendizaje de la obra. La obra se tornó amigable, para los sujetos no músicos, debido al apoyo vocal de los sujetos músicos que se sentaban intercalados, músicos y no músicos; los músicos leían las notas y la letra en el idioma original y los no músicos seguían el texto y se apoyaban auditivamente con la entonación y el apoyo de los alumnos músicos.

A todos los sujetos de estudio, se les explicó la traducción del texto de ambas obras musicales y también se les solicitó que la escucharan en su casa las obras. Todos los sujetos de estudio coincidieron, en tener más gusto por la obra en tono mayor, es decir por El Oratorio de Navidad de Johan Sebastian Bach.

Materiales físicos e instalaciones:

Facultad de Música

Estudio de grabación profesional LIMME

Conservatorio Nacional de Música

Salón con piano, pizarrón y grabadora

Hospital Infantil de México Federico Gómez, Instituto Nacional de Salud

Departamento de Neurocirugía

Departamento de Imagen (aparato de fMRI)

Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía

Investigación Clínica

Criterios de inclusión

- a) Niños del sexo masculino, de las edades mencionadas
- b) Diestros
- c) Firma por parte de los padres o tutores del consentimiento informado
- d) Niños con educación musical (Conservatorio Nacional de Música) (segundo, tercer, quinto y sexto grado de primaria)
- e) Niños sin educación musical (Primaria)
- f) Con buena salud física y mental.

Criterios de exclusión de los sujetos de estudio

- a) Sin proveer el consentimiento informado
- b) Con claustrofobia
- c) Portadores de material metálico
- d) Tatuaje (s)
- e) Ortodoncia y prótesis
- f) Cabello pintado

Descripción del paradigma

Paradigma: La grabación del éste se realizó en el estudio profesional del LIMME (Laboratorio de Informática Musical y Música Electroacústica), de la Facultad de Música de la UNAM, bajo la supervisión del Ing. Jorge Sandoval García, utilizando dos micrófonos AKG 414, y el programa Protulls. Se utilizó un piano marca YAMAHA, la grabación de la obra la Pasión Según San Mateo, fue una reducción de orquesta de la Edition Peters Nr. 4503 para Klavecín, y el Oratorio de Navidad también una reducción para Klavecín de Edidtion Peters Nr. 8719, ambas obras, fueron interpretadas por la pianista y concertista de piano, Dulce María Sortibrán. Se grabaron los primeros números de las obras, en el caso de la Pasión Según San Mateo, en donde se grabó completo el primer número de la obra, 1.- Kommt, ihr Tochter, y del Oratorio de Navidad 1.- Jauchzet, Frohloch; en ambas obras se suprimió la introducción al realizar el paradigma y los silencios intercalados, para que al escuchar no dejaran de imaginar la obra cantándola e imaginándola, apoyados por la grabación. Con una duración total 13.7 minutos.

Paradigma:

- 1.- Silencio 12 segundos
- 2.- Silencio 15 segundos
- 3.- Estímulo B 12 segundos
- 4.- Silencio 15 segundos
- 5.- Estímulo B 12 segundos
- 6.- Silencio 15 segundos
- 7.- Estímulo B 12 segundos
- 8.- Silencios 15 segundos
- 9.- Estímulo B 12 segundos
- 10.- silencio 15 segundos
- 11.- Estímulo A 12 segundos

- 12.- silencio 15 segundos
- 13.- Estímulo A 12 segundos
- 14.- silencio 15 segundos
- 15.- Estímulo A 12 segundos
- 16.- silencio 15 segundos
- 17.- Estímulo A 12 segundos
- 18.- silencio 15 segundos
- 19.- Estímulo B 12 segundos
- 20.- silencio 15 segundos
- 21.- Estímulo A 12 segundos
- 22.- silencio 15 segundos
- 23.- Estímulo A 12 segundos
- 24.- silencio 15 segundos
- 25.- Estímulo B 12 segundos
- 26.- silencio 15 segundos
- 27.- Estímulo B 12 segundos
- 28.- silencio 15 segundos
- 29.- Estímulo B 12 segundos
- 30.- silencio 15 segundos
- 31.- Estímulo A 12 segundos
- 32.- silencio 15 segundos
- 33.- Estímulo B 12 segundos
- 34.- silencio 15 segundos
- 35.- Estímulo A 12 segundos
- 36.- silencio 15 segundos
- 37.- Estímulo B 12 segundos
- 38.- silencio 15 segundos
- 39.- Estímulo A 12 segundos
- 40.- silencio 15 segundos
- 41.- Estímulo A 12 segundos
- 42.- silencio 15 segundos

- 43.- Estímulo B 12 segundos
- 44.- silencio 15 segundos
- 45.- Estímulo B 12 segundos
- 46.- silencio 15 segundos
- 47.- Estímulo B 12 segundos
- 48.- silencio 15 segundos
- 49.- Estímulo A 12 segundos
- 50.- silencio 15 segundos
- 51.- Estímulo A 12 segundos
- 52.- silencio 15 segundos
- 53.- Estímulo A 12 segundos
- 54.- silencio 15 segundos
- 55.- Estímulo B 12 segundos
- 56.- silencio 15 segundos
- 57.- Estímulo A 12 segundos
- 58.- silencio 15 segundos
- 60.- Estímulo A 12 segundos
- 61.- silencio 15 segundos
- 62.- Estímulo B 12 segundos

El estímulo A corresponde a la obra: El oratorio de Navidad de J. S. Bach, modo mayor

El estímulo B corresponde a la obra: La Pasión según San Mateo de J.S Bach, modo menor

Una vez que se grabaron los primeros cinco minutos de forma normal y continua, el Ingeniero Jorge Sandoval García, realizó la edición de la música de ambas obras, al intercalarlas de manera aleatoria, con los silencios, cada estímulo fue seleccionado de manera fortuita.

El formato del paradigma fue creado por la doctora en física Silvia Hidalgo Tobón. Teniendo la grabación del paradigma en un formato MP3, se realizó una primera prueba con un sujeto de estudio, de 11 años, en el laboratorio de Imagenología del

Hospital Infantil Federico Gómez, la reproducción del sonido se realizó, en una computadora Laptop Lenovo. Una vez que al sujeto se le realizó el escrutinio de seguridad, se introdujo inmediatamente en el aparato de IRM, en el Departamento de Imagenología del Hospital Infantil de México Federico Gómez, donde se indicó a los padres o tutores las normas de seguridad. El técnico imagenólogo encargado de la adquisición de imágenes procedió a la realización del estudio con una duración de 25 minutos aproximados de duración.

Primero se procedió a la preparación de las secuencias de la IRM (shimming, posicionamiento, tuning, etc.).

Segundo, se obtuvo una serie de imágenes BOLD, de todo el cerebro, aplicando el paradigma musical con una secuencia EPI, que cubrió al cerebro completo. Con una secuencia EPI, *fast echo* con parámetros como sigue: 150 volúmenes de 35 cortes axiales que cubren todo el cerebro incluyendo el cerebelo. TR de 2900 ms TE de 50 ms. Matriz de adquisición de 64*64, con

resolución en el plano de 3.6 mm*3.6 mm y grosor de corte de 4mm. Se tomaron imágenes anatómicas del cerebro con una secuencia *gradient echo* ponderada en T1 con los siguientes parámetros: TR 308 ms, TE 2.48 ms con grosor de corte de 4mm que cubre el mismo volumen que la secuencia anterior pero con una resolución en el plano de 0.36 mm * 0.36 mm.

Tercero, se obtuvo una serie de imágenes con tensor de difusión con una secuencia *Fast Echo Planar Diffusion Weighted Imaging* que cubren todo el cerebro. Que consiste en una serie de imágenes con tensor de difusión con la secuencia mencionada, 15 direcciones. TE 101 ms, TR 4 s, *matrix size* 128x128, FOV 230 mm, *diffusion time* 42.6 ms, *b-factor* of 800 s/mm².

Procesamiento de las imágenes

Se estudiaron diferentes áreas de:

- 1) La superficie del cerebro, en sus caras dorsolateral, medial y basal, para los hemisferios. Las caras anterior y posterolateral del cerebelo. Las caras laterales, anterior y posterior del tallo cerebral.
- 2) De estas mismas estructuras, las partes profundas
- 3) Áreas de Brodmann.
- 4) Áreas de la articulación del lenguaje, de Broca. Regiones de la comprensión del lenguaje, de Wernike.
- 5) Sistema límbico.
- 6) Otras áreas.

Este análisis se realiza con:

MATLAB (abreviatura de *MATrix LABoratory*, "laboratorio de matrices") es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux .

BOLD, (*Blood oxygenation level dependent imaging*) Es una técnica estandarizada que utiliza imágenes de IRM en los estudios de resonancia magnética funcional (fMRI, por sus siglas en inglés), que se basa en las diferencias regionales del flujo sanguíneo cerebral, para delimitar las áreas de activación⁽³⁸⁾

El flujo de sangre se controla en el cerebro, localmente, en respuesta a la tensión del dióxido de carbono así como del oxígeno del tejido cortical. Cuando una región específica de la corteza cerebral aumenta su actividad, como respuesta a una tarea, la fracción de extracción de oxígeno de los capilares locales conduce a una

disminución inicial de la hemoglobina oxigenada (oxyHb) y un aumento del dióxido de carbono local (CO2) y de la hemoglobina desoxigenada DesoxiHb). Después de un lapso de 2-6 segundos, aumenta el flujo sanguíneo cerebral (CBF) liberando un exceso de hemoglobina oxigenada, lavando deoxyhemoglobin 1-2 segundos. Es este gran rebote en la oxigenación tisular local que se traduce en imagen. La razón porque la IMRf es capaz de detectar este cambio se debe a una diferencia fundamental en las propiedades paramagnéticas de oxyHb y deoxyHb. La hemoglobina desoxigenada es paramagnética, mientras que la hemoglobina oxigenada no lo es, y por lo tanto la primera provocará el desfase local de los protones y, por tanto, reducirá la señal devuelta de los tejidos en la vecindad inmediata. Las secuencias ponderadas T2 * se utilizan para detectar este cambio, que está en el orden del 1-5%.

Análisis de los resultados

después de capturar todas las variables en hoja de cálculo de Excel.

Análisis de la serie

Definición de variables:	Numérica
Edad	Cuantitativa
Neuro-desarrollo	Independiente
Familia musical o no IRM funcional	Nominal
	Id
	Cuantitativa
	Nominal
	Continua
Niño con educación musical *definido arriba	
Niño sin educación musical	

Se cotaron las áreas anatómicas que muestre la MRIf, con un esquema anatómico exacto, en una IRM funcional para el modo mayor y una MRIf para el modo menor, en la totalidad de los casos

Las correlaciones con el gusto musical y la educación se realizaron según la distribución, en forma paramétrica o no. El término IMRf implica que, la información que se puede obtener de una zona cerebral específica ya no es sólo anatómica o estructural, sino funcional, biológica y metabólica.

Análisis de las imágenes: Se usó el formato de imágenes Nifti para el análisis de imágenes por lo que los datos del escáner deberán ser inicialmente convertidos a este formato. Siguiendo estos pasos se procedió a la realineación, re-segmentación y corrección temporal de las imágenes. Tras esto, los datos de cada individuo se normalizaron a un cerebro modelo en coordenadas MNI y se difuminaron los resultados con un Kernel de 8,8,8 mm. Tras esto se les aplicó un filtro en el que las fluctuaciones de la señal BOLD entre 0.01 y 0.1 Hz fueron retenidas. Las Imágenes de los resultados se proyectaron sobre las imágenes anatómicas previamente normalizadas de la misma manera que las funcionales para ser comparadas y cuantificadas. Finalmente la comparación entre imágenes de resonancia magnética funcional, se realizó en un programa desarrollado por los investigadores en lenguaje Matlab (basado en C).

Análisis estadístico:

Variables clínicas:

Se sometió a un análisis descriptivo, calculando los índices de tendencia central y de dispersión.

Desde el proceso de selección se conoció el punto de corte de horas de práctica musical, nivel cursado, y aprovechamiento para componer el grupo de niños “ con educación musical”

Imágenes.

Las imágenes de resonancia magnética funcional nos permitieron comprobar o rechazar las hipótesis del trabajo.

Análisis de diferencias entre resultados de imagen.

El análisis para identificar las diferencias en las medidas obtenidas de los estudios de BOLD-MRI y DTI. Se evaluarán los supuestos de normalidad e igualdad de varianzas para los modelos ANOVA para identificar los clusters y los picos de intensidad más significativos.

El análisis de imágenes de IDT será realizado usando el Oxford Center for Functional Magnetic Resonance Imaging (FMRIB) software, FSL 3.2.0 (<http://www.fmrib.ox.ac.uk/fsl>) y MedIN- RIA 2.0.1 (<http://medinria.fr>) software. Un procesamiento inicial incluye una reorientación de las imágenes, así como una corrección de corrientes espurias. Una máscara que asegure solo la toma del cerebro y cerebelo.

Variable Dependiente:

Difusión: permiten cuantificar la difusión de moléculas de agua extracelular, FA, ADC. Esto se obtendrá a partir de la distribución de probabilidad de desplazamiento:

$$P(\mathbf{r}, t | \mathbf{r}_0, 0) = \frac{1}{\sqrt{(4\pi Dt)^3}} \exp \left[-\frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_0) \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{r}_0)}{4Dt} \right]$$

Cabe aclarar que es un medio con las siguientes características:

$$\frac{A(\gamma\delta G)}{A_0} = \frac{A(q)}{A_0} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{(4\pi D\Delta)^3}} e^{-\frac{r^2}{4D\Delta}} e^{-iqr} d^3r$$

Para poder obtener los coeficientes de difusión que vienen en términos de distancia sobre tiempo, en un orden de 10^{-6} aproximadamente.

$$\underline{\mathbf{D}} = \begin{pmatrix} D_{xx} & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{yx} & D_{yy} & D_{yz} \\ D_{zx} & D_{zy} & D_{zz} \end{pmatrix}$$

$$A = \exp\left(-\sum_{i=x,y,z} \sum_{j=x,y,z} b_{ij} D_{ij}\right)$$

Resting State: cuantificación de consumo de oxígeno de manera indirecta en diferentes redes neuronales. Esta se realiza en términos de una estadística no paramétrica, la cual tiene una dependencia del número de clusters y voxels de interés. Indica donde se encuentra una diferencia significativa, la cual está asociada a alguna región específica del cerebro.

CAPÍTULO 5

3.- Resultados

Después de realizar plática de inducción en la escuela primaria y en el Conservatorio Nacional de Música, a la que asistieron un promedio de 50 niños mediante una plática con los padres en cada centro, se observó el mismo interés y entusiasmo tanto en la escuela primaria como en el Conservatorio de Música. Antes de la declarada pandemia se realizaron estudios de calibración de IRMf con adultos voluntarios del HIM previo a la realización de los experimentos planeados en 9 niños. Se excluyó a un niño zurdo y finalmente se presentan aquí los estudios realizados en ocho niños.

Se compararán cuatro niños músicos diestros con cuatro niños no músicos diestros, pareados por edad (promedio 8.2 años – rango: 7-10) y a los cuales se les efectuó una resonancia magnética, escuchando el paradigma, el cual se realizó exprofeso para este estudio.

Los niveles escolares fueron de primero a sexto año de primaria en ambos grupos. El nivel y aprovechamiento escolar era normal y bueno en los sujetos de ambos grupos que resultaron perfectamente homogéneos.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN LA CARA DORSOLATERAL DE LOS HEMISFERIOS CEREBRALES, ASÍ COMO INFERIOR Y EXTERNA DEL CEREBELO

Zonas de activación en la cara dorsolateral de los hemisferios

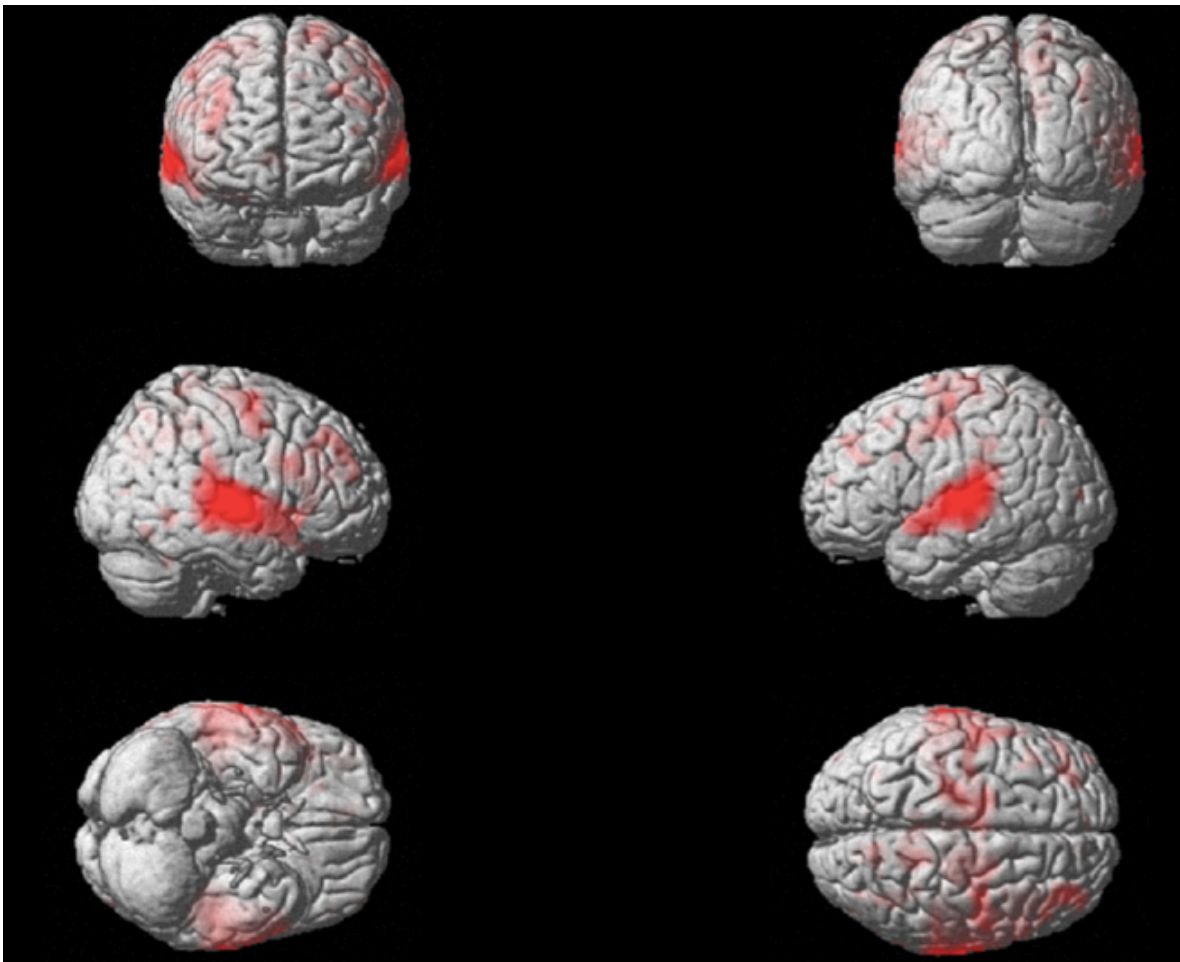


Fig.3.1. Fenómeno BOLD (en rojo) mapeado en niños músicos con estímulo A

Estímulo A Músicos (Fig.3.1)

Para la convexidad, en el Oratorio de Navidad en músicos, tenemos la activación de ambas regiones temporales, con discreta predominancia del lado derecho. Ambos lados toman gran parte del primer giro temporal, que va desde la parte inferior de los giros angular y supramarginal, hasta las áreas temporopolares, discretamente más del lado derecho. Hacia abajo, desborda discretamente sobre el segundo giro, en su parte central. Esta activación corresponde a las áreas auditivas primarias y secundarias, 41, 22 y 42 B. Ambas regiones temporales inferiores se activan discretamente, áreas 35 a 37 B. Hay discreta activación de las regiones centrales, precentrales, áreas 4, 6, 8 B, y en la parte media del segundo giro frontal del lado izquierdo. Del lado derecho se nota una activación semejante, pero tenemos que las del segundo giro frontal en sus áreas medias y posteriores se activan un poco más, así como el tercer giro frontal áreas 44 y 45 B, en sus partes opercular y triángular. Ambos lados avanzan discretamente hacia la parte inferior del lobulillo parietal inferior, área 40 B.

**En la convexidad, es importante notar como el niño músico activa, preferentemente, las áreas temporales en relación con la percepción auditiva, áreas 41, 42 y 22 B, con activación discreta en el polo temporal, área 38 de Brodman. Está la discreta activación de la parte inferior del giro angular, el área 40 B, está en relación con la interpretación de lenguaje musical. El resto de activaciones es discreto.

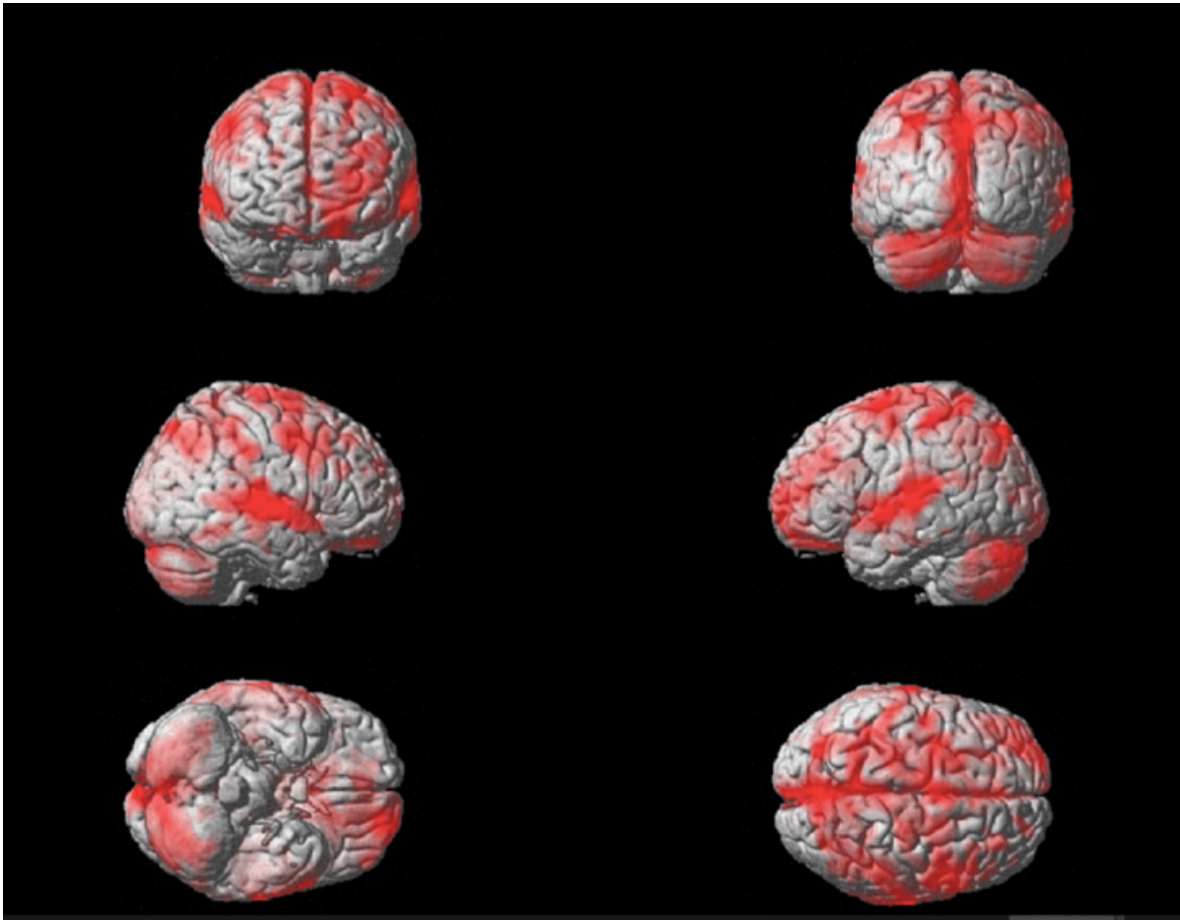


Fig. 3.2. Mapeo de activación generada por el estímulo “A” en no músicos.

Estímulo “A” no Músicos (Fig.3.2)

En la misma cara cerebral: la activación es mas importante, en practicamente toda esta cara hemisférica. Se nota la misma activación temporal, con la predominancia del lado derecho, áreas 41, 42, 22 y 38 B. Ésta es básicamente del primer giro temporal, sin embargo, en ambos lados se nota un avance hacia la parte inferior del lobulillo parietal inferior, área 40 B y la parte media de ambos segundos giros temporales, área 22 B . Para el resto; siguiendo un sentido caudorostral, encontramos que hay activación de la corteza inferior de ambos cerebelos, con discreta predominancia del lado izquierdo. Las partes mediales, sobre todo para el hemisferio izquierdo, desde la región occipital y parietal mediales, áreas 17, 18 y 7

B. Para el lado derecho está activada la región postcentral, en el giro parietal ascendente y discretamente hacia el lobulillo parietal superior, muy discretamente las regiones occipitales, áreas 7, 5 y 39 B; así como, las regiones centrales, giro frontal ascendente, área 4 B y las regiones prefrontales, áreas 4, 6 y 8 B, parte posterior del primero y segundo giros frontales y anterior del primer giro. A nivel orbitario hay discreta activación de la parte anterior del giro recto y de las áreas olfatorias primarias, área 11 B. Sobre la parte más alta de la convexidad, se nota la activación de las mismas regiones, en donde se ve claramente que el giro parietal ascendente del lado derecho no capta, áreas 3, 1 y 2 B. Del lado izquierdo hay la activación de las regiones mediales del hemisferio, así como, el giro frontal ascendente, área 4 B, y las regiones pre y post centrales parte media y superior, lobulillo parietal superior, en su parte anterior y posterior. El polo frontal, desde la parte media del segundo giro frontal, hasta las regiones frontoorbitarias, prácticamente en su totalidad, áreas 11, 14, 15 y 25 y las áreas olfatorias primarias y el giro recto.

** Llama la atención la activación de una gran cantidad de estructuras, en el niño no músico. Activa las dos zonas temporales de la audición, con predominancia del lado derecho, sobre el primer giro temporal y las áreas de la audición, áreas 41, 42, 52 y 22 B, con discreto avance sobre la parte inferior del lobulillo parietal inferior. La activación del hemisferio izquierdo es notoria, semejante a la regiones temporales mencionadas, con las áreas occipitales 17, 18 y 7 B, áreas occipitales en relación con la visión y parietales suplementarias de la sensibilidad; así como la región frontopolar y orbitaria del mismo lado, áreas 11, 14, 15 y 25, que se encarga,

además de la olfacción, de la conciencia de sí mismo y sus actos, de las decisiones conductuales, de la moralidad y en ocasiones conductas delictivas (26 BIS).

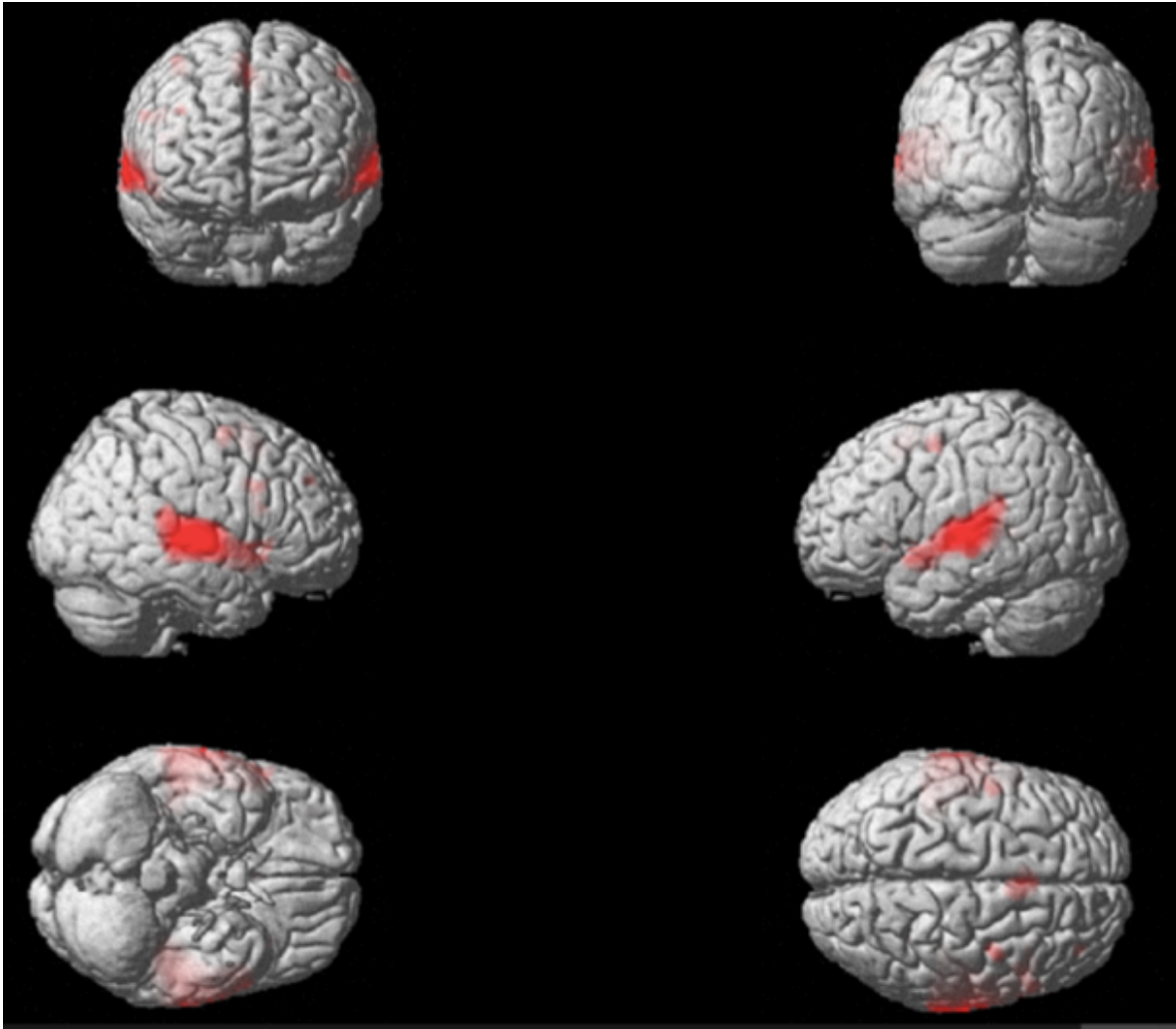


Fig.3.3. Áreas de activación cerebral con estímulo “B”. Es notoria la mayor activación temporal derecha.

Estímulo “B” Músicos (Fig.3.3)

La estimulación se nota en ambos giros temporales, mismas regiones que el anterior (Se nombrarán las áreas nuevas, cuando éstas se presenten), en el primer giro temporal, sobre todo en su parte superior, con predominancia de activación en el

lado derecho. Para el izquierdo vemos que prolonga discretamente hacia atrás, en la parte baja del giro supramarginal, área 40 B, en su parte inferior. Esta activación se nota discretamente sobre la parte media superior del segundo giro temporal. La parte opercular e inferior del tercer giro frontal, área 44 B, en su parte media, también se activa discretamente. Hay focos de activación modestos en las regiones precentrales bilaterales, correspondiendo a la parte posterior del segundo giro frontal, área 6 B, áreas suplementarias de la motricidad. De lado derecho, activación de la parte inferior del tercer giro frontal y el borde dorsal del hemisferio a nivel de la parte posterior del primer giro frontal, área 6 B. Las áreas temporo basales tienen también una discreta activación, simétrica.

** Se distingue, de nuevo, la concentración de la activación, para el niño músico, en las áreas temporales de la audición, bilaterales, con discreta predominancia del lado derecho. Esto, como se está viendo, es constante. Al parecer el niño músico es capaz de concentrar la activación en las áreas que le interesan, para la escucha e interpretación de un lenguaje que él conoce.

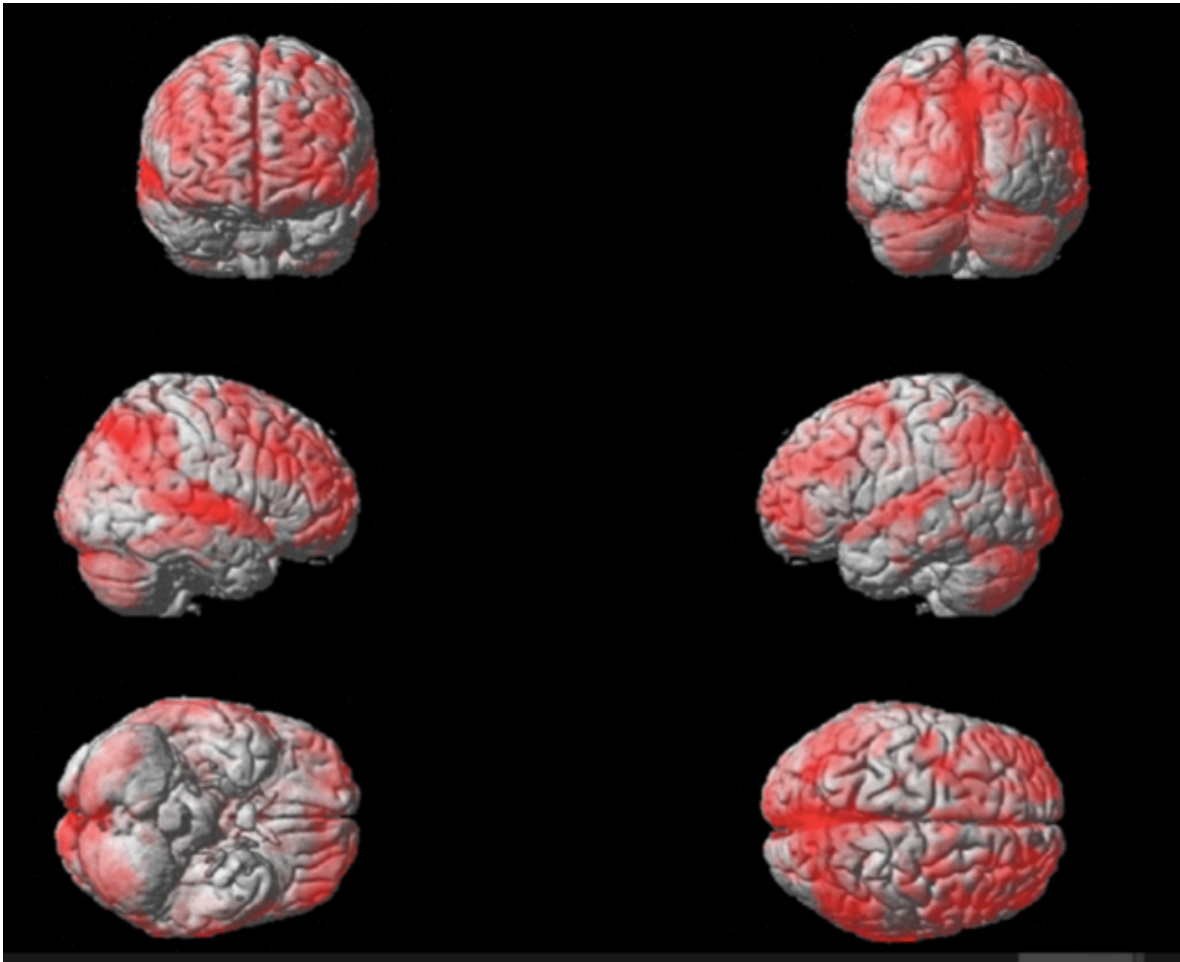


Fig.3.4. Áreas de activación cerebral con estímulo “B” en no músicos

Estímulo “B” No Músicos (Fig.3.4)

La estimulación es de una gran parte de la cara dorsolateral del hemisferio. Ambos lóbulos temporales se activan, con franca predominancia del lado derecho, en donde avanza hacia el lóbulo parietal, en la región de los lobulillos parietales superior e inferior, áreas 5, 7, 40 y 39 B; mismo avance del lado izquierdo. Se nota una activación discreta de la parte media de los segundos giros temporales, en su parte media, área 21 B, así como el tercer giro temporal, predominando el lado derecho y hacia su parte posterior, áreas 20, 21 y 37 B . Analizando caudo rostralmente el resto vemos que: se activa la corteza inferior y posterior de ambos

hemisferios cerebelosos. Del lado derecho, aparte del avance parietal mencionado, tenemos activación del giro frontal ascendente, y más marcado en el segundo giro frontal y parcialmente en el primer giro, hasta la región polar. Áreas 46, 47, 10 y 11 B, así como la parte superior del tercer giro frontal, área 44 B. La parte orbitaria de este lóbulo también se activa, así como el bulbo olfatorio y la parte anterior del giro recto, áreas 11 y 12 B. De lado izquierdo, hay activación discreta del lóbulo occipital, que toma contacto con las áreas parietales; 17, 18, 39, 40 y 7 B. Hay también activación de la parte media del giro frontal ascendente y sobre el primero y segundo giros frontales así como la parte superior del tercer giro frontal.

** La predominancia de activación, en esta secuencia, es franca del lado derecho, en el lóbulo temporal, en las áreas de la audición y hacia atrás en el lóbulo parietal, que en su parte posterior y superior, es casi tan intenso como en el temporal. Se ve, de nuevo como en el estímulo A, la activación occipital izquierda, así como una predominancia de activación frontopolar y orbitaria de este lado. Parecería que el niño no músico siempre emplea el temporal derecho para oír la música, tanto en el estímulo A como en el B, además de las áreas parietales mencionadas.

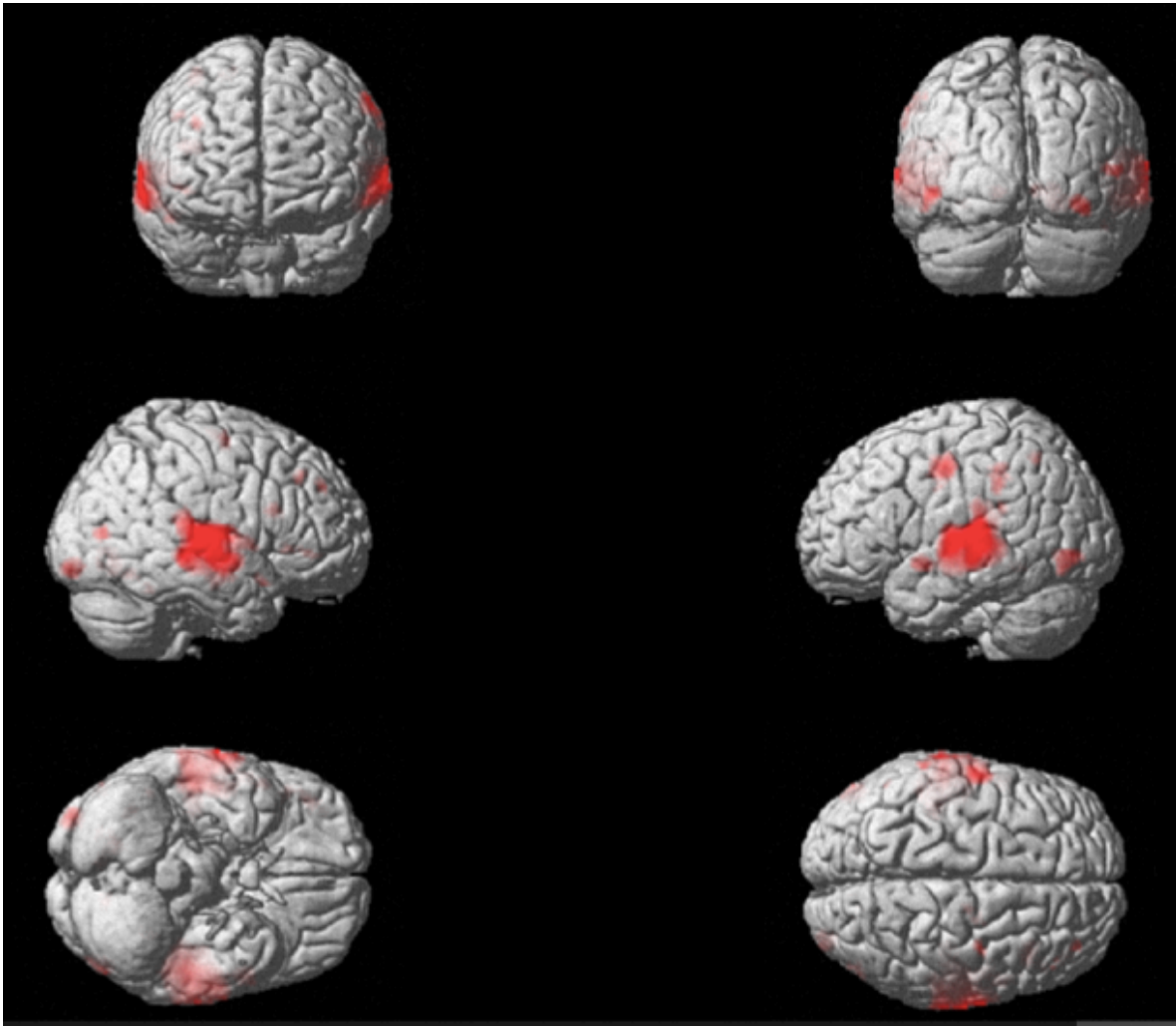


Fig.3.5. Áreas de activación diferencial entre músicos y no músicos con estímulo A
Estímulo A Músicos – no Músicos

Es una activación concentrada en la región media de ámbos lóbulos temporales, en la parte media del primer giro temporal, en lo correspondiente a las áreas auditivas primarias, desbordando discretamente hacia la parte superior del segundo giro temporal y hacia adelante y atrás, mostrando un punto en región anterior del primer giro temporal. Las regiones temporales inferiores captan discretamente en la cara inferior del tercer giro temporal, simétricamente, áreas 20 y 37 B. Hay puntos de captación a nivel occipital, del lado derecho y otro a nivel occipito temporal; también

puntos en el giro central, en su parte media, así como dos más en el segundo giro frontal y otros tres punto a nivel, superior del tercer giro frontal. De lado izquierdo: Hay activación en la región anterior e inferior del occipital, y otra zona más hacia la parte media de los giros central y precentral. Hay discretos puntos de activación, uno en la región inferior del giro parietal ascendente, post central y otro puntillero en la región del giro angular y supramarginal, tres puntos.

** A todas luces en esta resta, en donde se muestra la actividad cerebral de los músicos, se nota la concentración de la activación, para este estímulo A, a nivel temporal prácticamente simétrico, con discretas activaciones occipitales y sobre el área de Wernike del lado izquierdo. El niño músico emplea, prácticamente selectivamente, ambos primeros giros temporales, en la parte correspondiente a las áreas auditivas, 41, 42, 22 y 52 B.

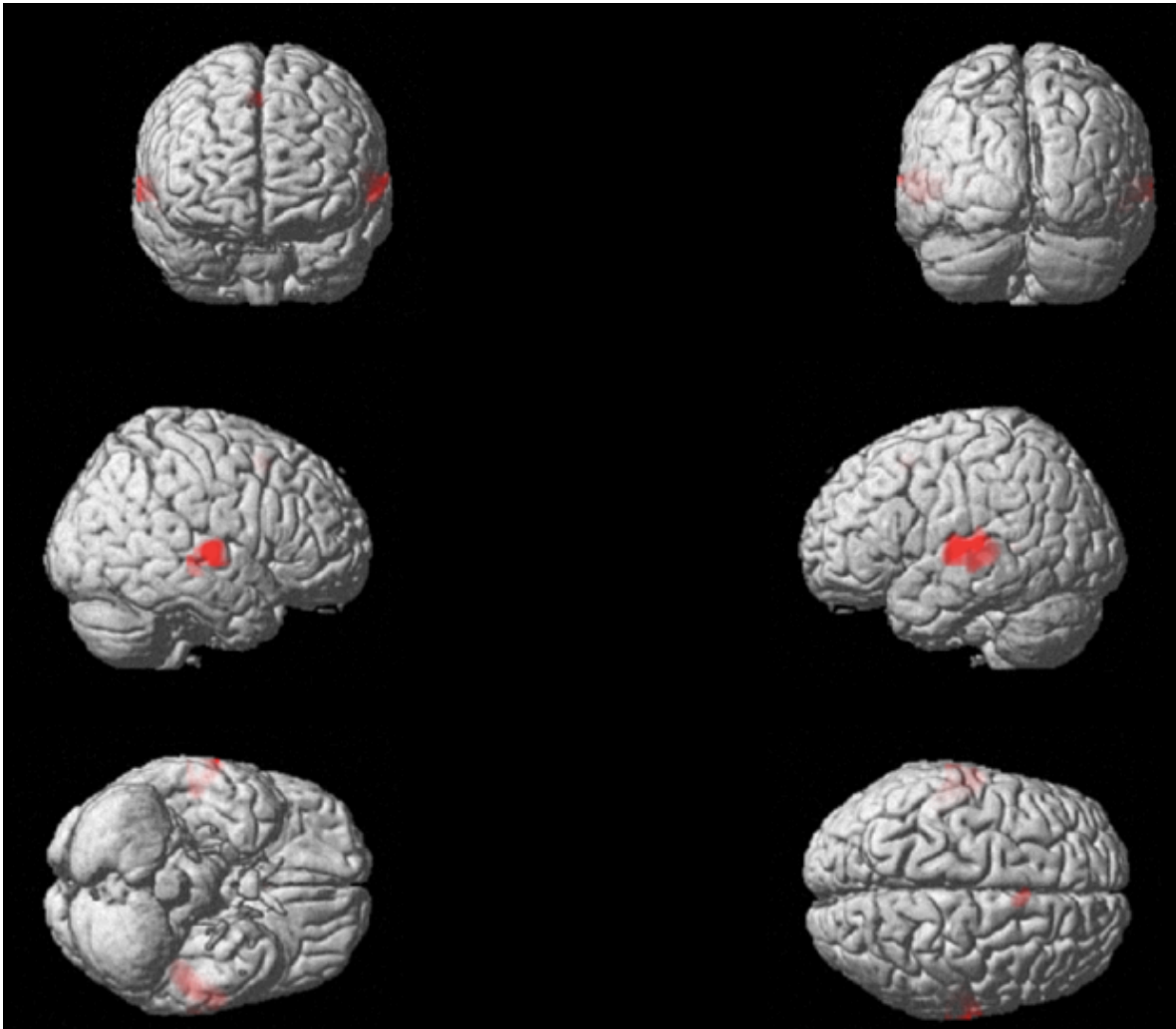


Fig.3.6. Resta de la activación con estímulo B en músicos – no músicos.

Estímulo B Músicos – No Músicos (Fig. 3.6)

Tenemos una captación temporal, sobre la parte media del primer giro temporal, mayor en el lado izquierdo, aproximadamente el doble del derecho, con una discreta y menos intensa extensión hacia la parte alta del segundo giro temporal. Ambas regiones temporales basales se activan discretamente, área 37 B, sobre la parte media inferior del tercer giro temporal, siendo predominante la del lado izquierdo, lo mismo que una pequeña zona de activación del lobulillo parietal inferior, también

predominante a la izquierda. En el borde dorsal del hemisferio derecho, hacia la parte posterior del primer giro frontal, hay un punto de activación.

** La interpretación, en esta resta es que definitivamente el temporal izquierdo, de los niños músicos en este estímulo B sobre todo en las áreas auditivas, es francamente predominante, con más del doble que del lado derecho.

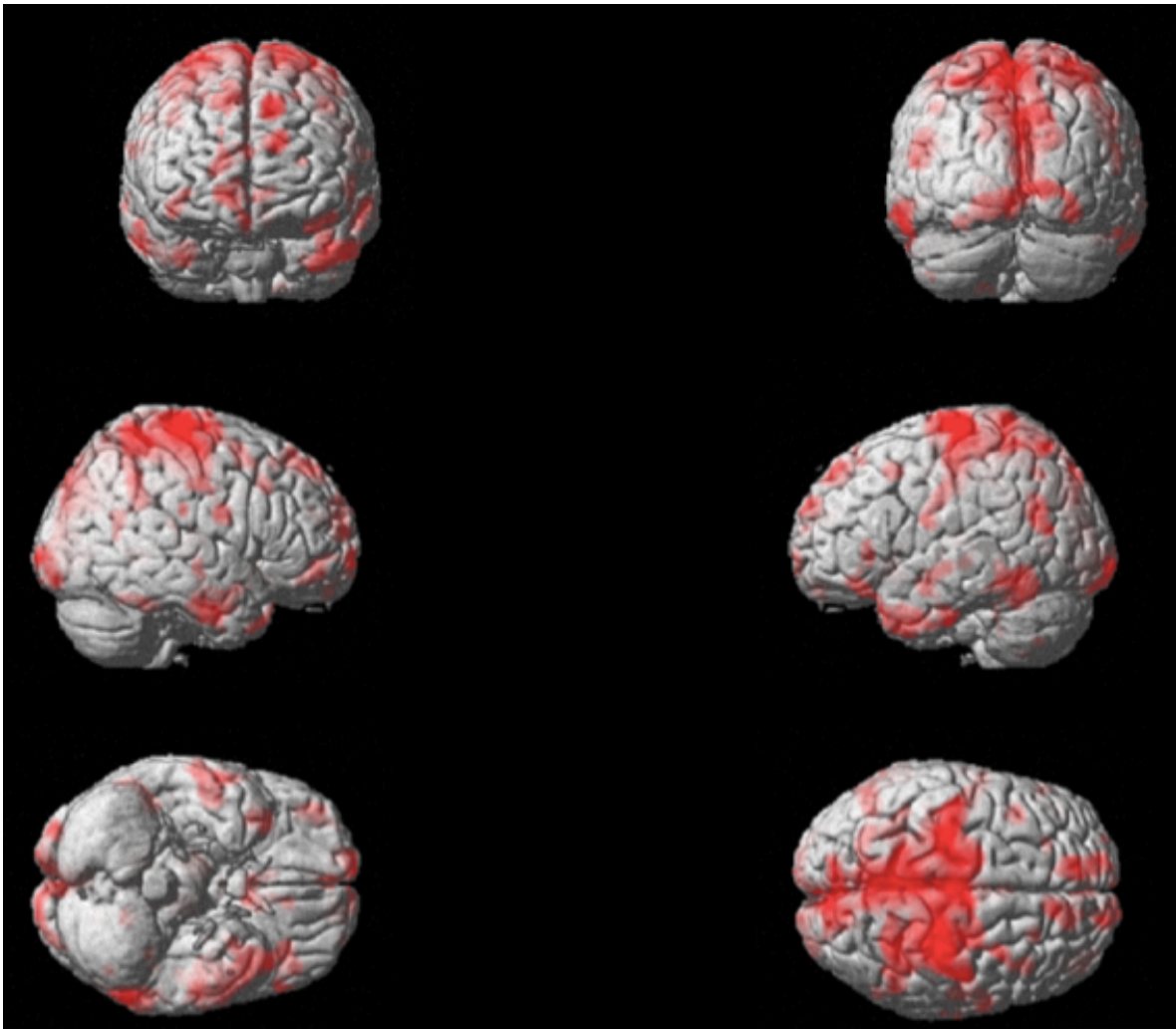


Fig 3.7. Silencio en Músicos

Es notoria la ausencia de estimulación de las áreas temporales. Hay una activación de las áreas centrales bilaterales, así como un puntillero de activación en todos los lóbulos.

** Ya el niño músico, en el silencio, no necesita las áreas temporales de la audición. Éstas están en descanso. En cambio se nota una fuerte activación de las regiones centrales superiores, quizás en relación a las actividades correspondientes a éstas áreas y/o a la imaginación que el niño hace de estas actividades.

INTERPRETACIÓN DE ESTUDIOS DE ACTIVACIÓN, EN LAS TRES INCIDENCIAS DE CORTE

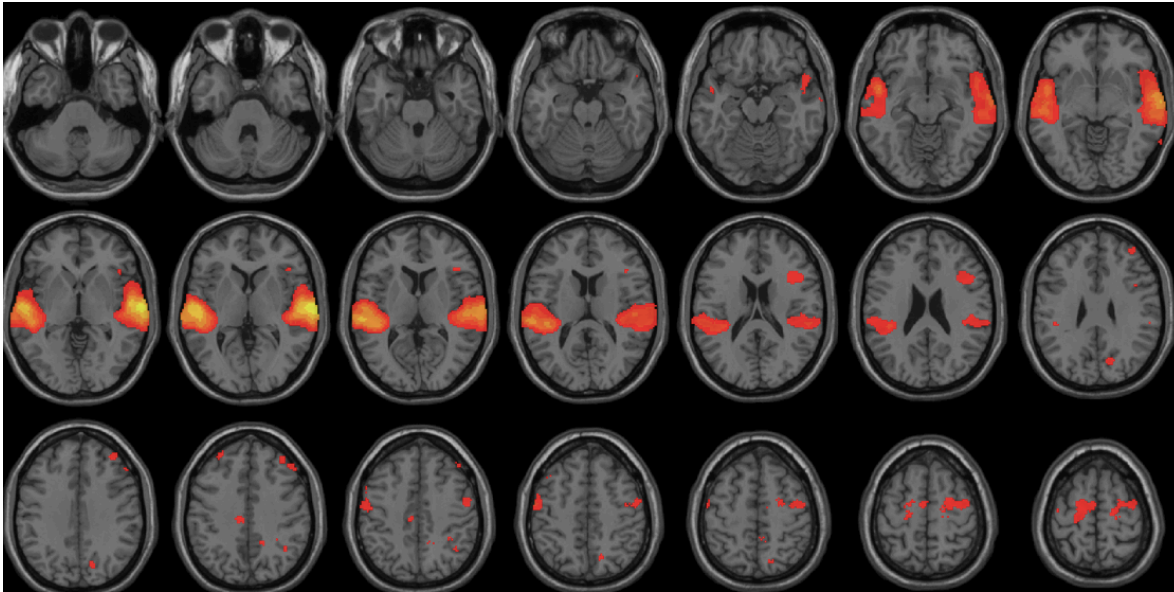


Fig. 3.8. Estim A, Músicos, Axial

Las áreas activadas son temporales bilaterales, la activación se inicia desde el polo temporal y avanza sobre el giro temporal superior, en su parte media, correspondiente a la zona auditiva primaria y a las auditivas secundarias. La activación es, discretamente, mayor en el lado derecho del cerebro de los niños músicos. En ambos lados la activación avanza en profundidad de esta cara superior del primer giro temporal, hasta llegar al ángulo posterior de la ínsula y a la parte posterior del sistema nuclear del cerebro y de la cápsula interna. Es importante notar la presencia de una activación en la sustancia blanca y en la profundidad del opérculo frontal derecho, pie del tercer giro frontal derecho, que no se ve del lado izquierdo. Hay también una activación a nivel prefrontal bilateral, en la convexidad superior del cerebro, predominando del lado derecho. Hay un pequeño punto de

activación calcarino derecho y otros en la región parieto occipital. Se nota que la activación del lado izquierdo avanza un poco más hacia atrás y arriba.

** Esto confirma lo que se notó en la convexidad: para el niño músico, desde el estímulo A, hay una activación de ambas primero giros temporales, Hay un discreto avance posterior y superior del lado izquierdo. Estas imágenes confirman la utilización prioritaria de ambos lóbulos temporales para la audición musical, en los niños músicos.

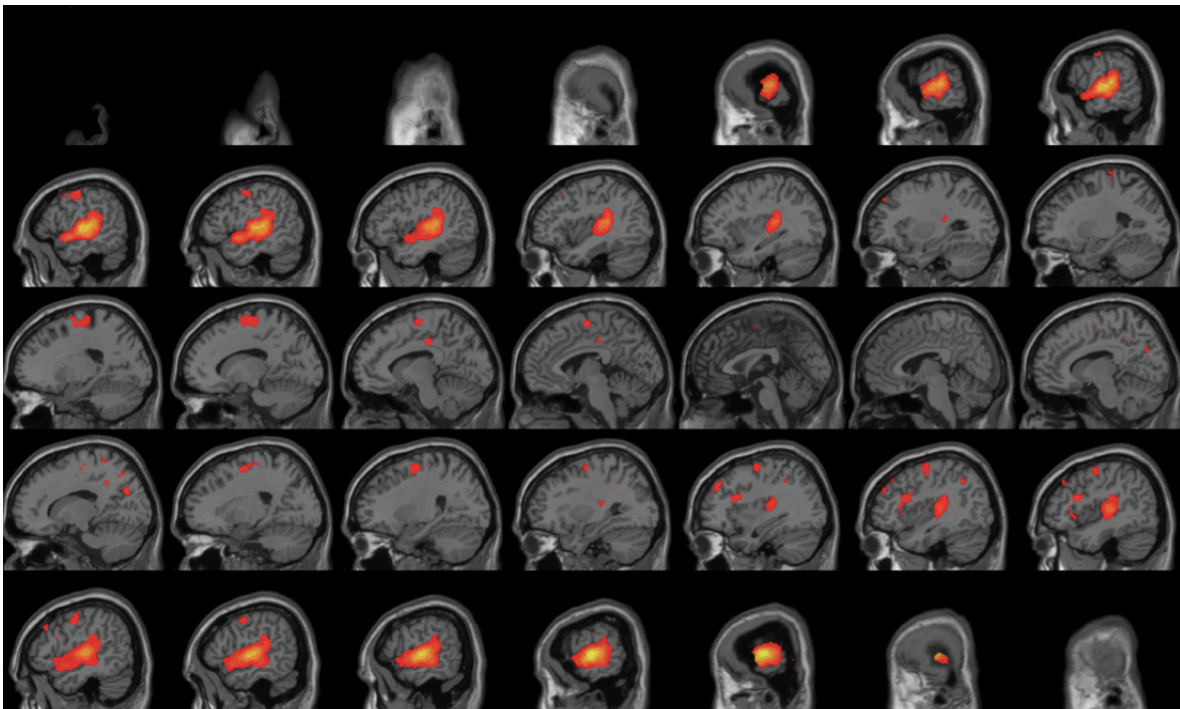


Fig. 3.9. Estim A, Músicos, sagital

En esta incidencia se comprueba que la activación se hace, prioritariamente y bilateralmente, sobre la parte superior del primer giro temporal principalmente; con leve predominio en el temporal derecho y esta activación avanza en profundidad, siguiendo por arriba de la corteza del primer giro temporal, hasta llegar por los dos

lados al vértice posterior de la ínsula. La parte más interna llega hasta la parte posterior de los núcleos grises centrales y la cápsula interna. Se ven activaciones precentrales superiores bilaterales. Más no se ve el punto de activación en sustancia blanca prefrontal derecha, pero sí una serie de pequeñas activaciones prefrontales derechas, que también se ven del lado izquierdo, pero en menos cantidad. La parte posterior de la activación izquierda rebasa discretamente el ángulo posterior de la ínsula. De lado derecho no.

** En esta incidencia de corte, se comprueba lo asentado en la incidencia axial.

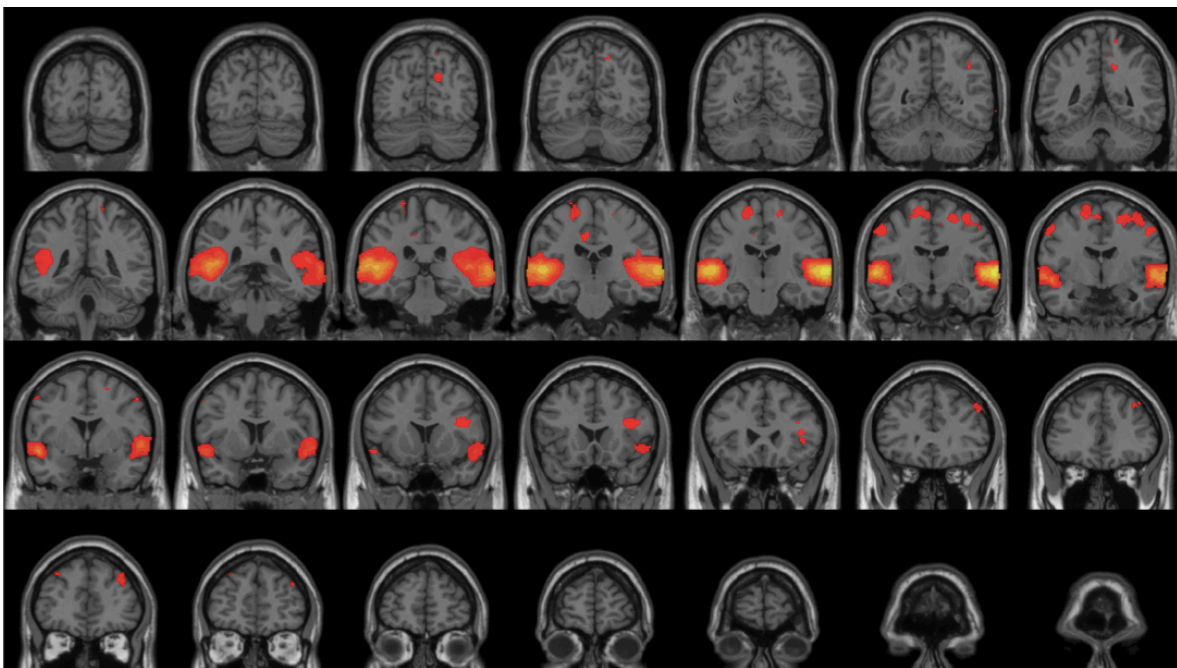


Fig. 3.10. Estim A, Músicos, Coronal

En esta incidencia se comprueba lo dicho en las precedentes. La zonas más activadas son las temporales bilaterales, con discreto predominio de activación del lado derecho y se nota un cierto avance posterior más importante del lado izquierdo. Estas zonas van de la parte superior del primer giro temporal hacia abajo,

abarcando todo el espesor de este giro, desde el polo temporal hasta el ángulo posterior de la ínsula: para el segundo giro temporal, será básicamente en su parte media. En esta incidencia se ve la zona activada a nivel del opérculo frontal derecho, en el párenquima, ya descrita. Hay discretas zonas de activación precentrales bilateral predominando del lado derecho y del lado izquierdo hay una activación en la parte media del giro del cíngulo.

** Se corrobora lo antes afirmado.

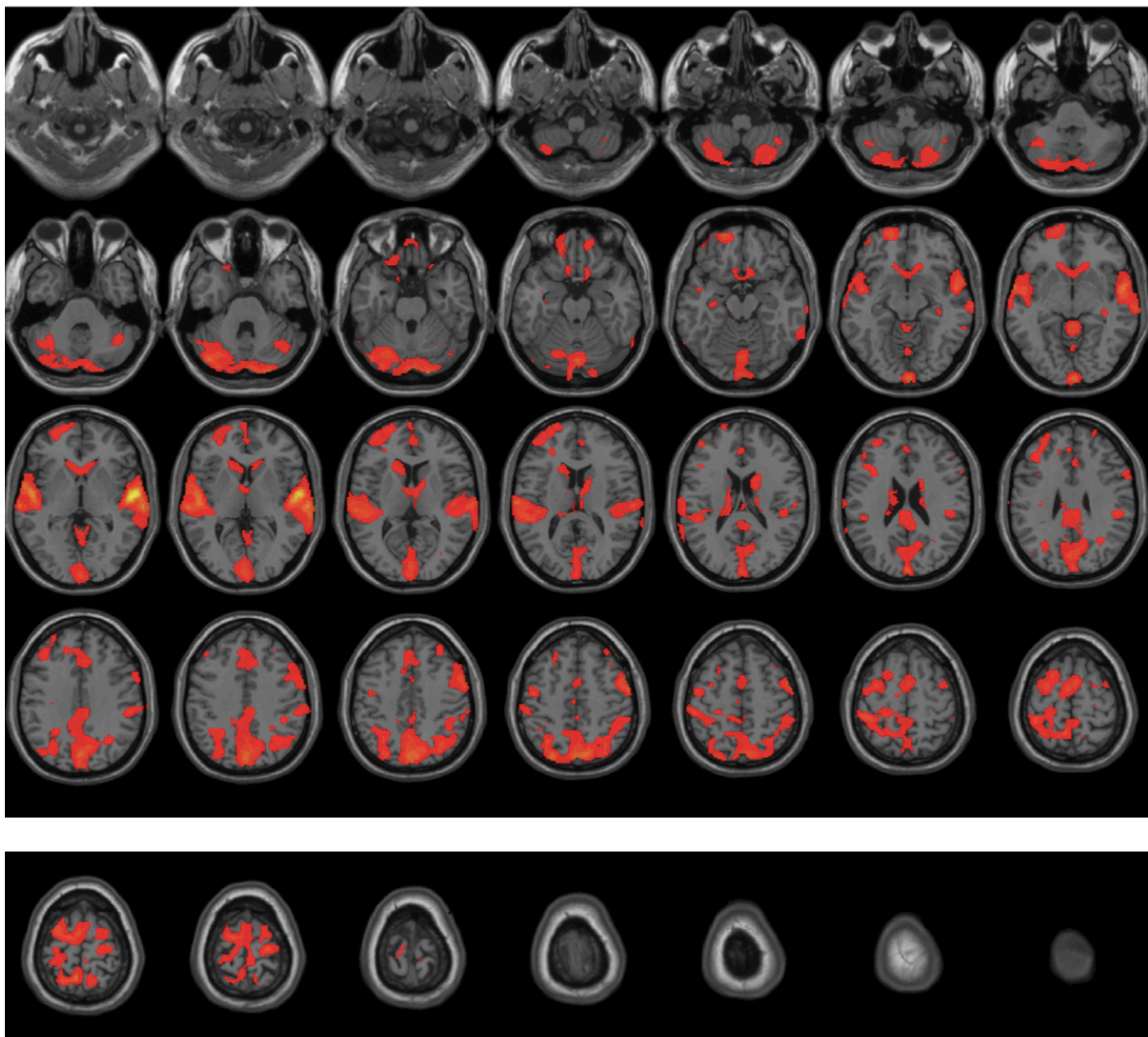


Fig. 3.11. Estímulo A, No Músicos, Axial

En este modo mayor, en los niños sin educación musical formal, se ve la activación del cerebro, desde el cerebelo hasta la convexidad superior, a nivel superior del borde dorsal de los hemisferios. Si bien es cierto la activación es amplia, predomina netamente en el temporal derecho, siendo aproximadamente del doble que el izquierdo, en intensidad y área. Lleno de abajo hacia arriba, se activa la corteza de ambos cerebelos, siendo más importante en la parte posterior y superior del hemisferio cerebeloso izquierdo, y se sigue por la parte vermiana superior, llegando al cúlmen. Para los hemisferios, además de lo visto para las áreas temporales, tenemos una activación de las áreas de la olfacción y anterior del giro recto, áreas 12, 11, 15 y 25 B, bilateral. La región prefrontal izquierda también se activa y sube hasta la parte media del polo frontal, así como las áreas septales e hipotalámicas, áreas 25, 15 B, y la porción media anterior del giro frontal interno, área 24 B. Hay activación del cíngulo posterior bilateral, áreas 23, 30 y 29 B, así como ambos núcleos caudados en su cabeza, también se nota la activación de los fornices y la corteza parieto occipital bilateral medial, áreas 17, 18, 19, 7, 23, 30 y 29 B, con cierto predominio del lado derecho. Hay activación precentral bilateral, predominando del lado izquierdo.

** En este estímulo "A", Se confirma la predominancia de las áreas auditivas temporales derechas. Se nota una gran cantidad de estructuras activadas, en donde la región parieto occipital y el cíngulo posterior e istmo, están también activadas, con cierta predominancia del lado derecho. Se confirma que el niño no músico utiliza el temporal derecho para escuchar la música y además activa áreas parietales y occipitales, áreas de la visión, así como e cíngulo posterior.

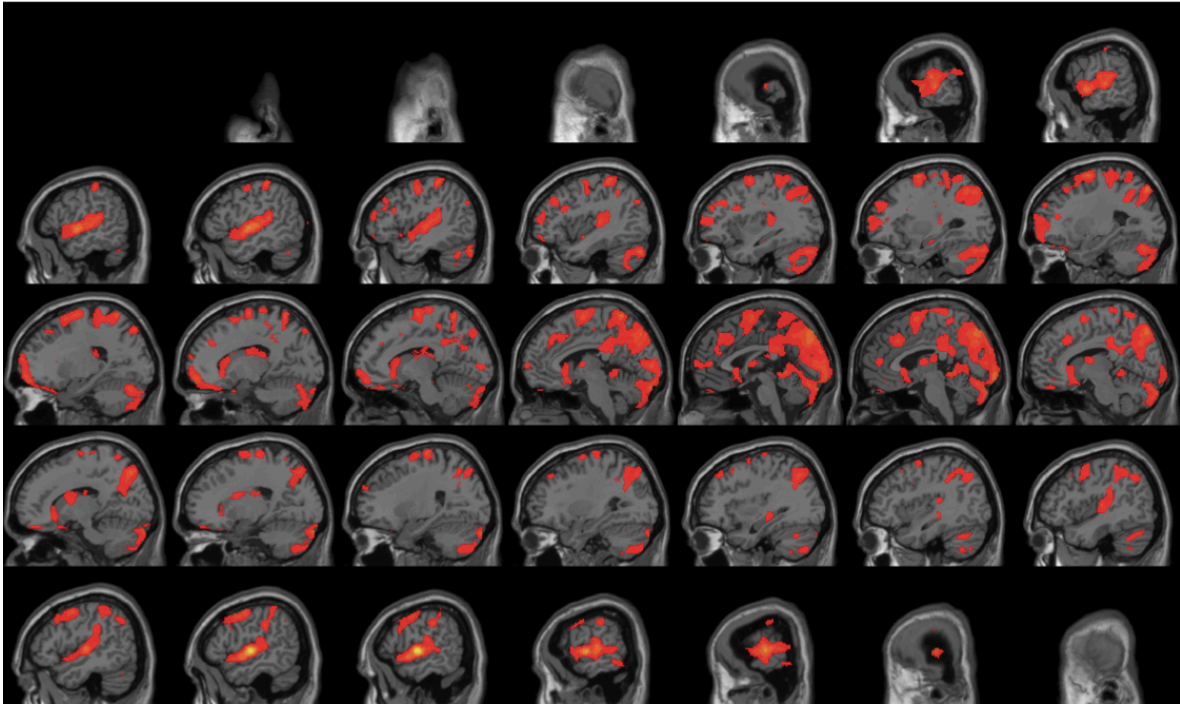


Fig. 3.12. Estímulo "A", No músicos, Sagital.

En esta incidencia de corte se confirma lo visto anteriormente: es el lado derecho el más intensidad de activación muestra, sobre todo a nivel de las zonas de la audición, en su parte media, correspondiente a los giros transversales de Heschl. Es el espesor únicamente del primer giro temporal, que sigue en su parte posterior hacia las áreas parietales inferiores, áreas 52, 41, 42, 22, 39 y 40 B. De la misma manera del lado izquierdo, pero con una menor activación. De abajo hacia arriba: la activación de la corteza cerebelosa es bilateral, predomina en las caras superior e inferior izquierdas y avanza sobre la parte medial del cerebelo, hasta el cúlmen. Se ve la activación del cíngulo posterior, así como de la cara medial parieto occipital, áreas 23, 31, 7^a y 7b B, con inclusión de las áreas de la visión, primarias y secundarias áreas 17 a 19, 7, 31, 23, 29 y 30 B, bilaterales, predominando a la izquierda. Así como de la región prefrontal bilateral, área 4 B cara medial, así como de las áreas septales e hipotalámicas anteriores bilaterales, área 25 B, y ambos

fornices y las zonas precentrales, bilaterales, predominando del lado derecho. Ambas cabezas del núcleo caudado están activadas.

** En esta incidencia, en el estímulo A, para los niños no músicos, se confirma lo asentado en la incidencia axial.

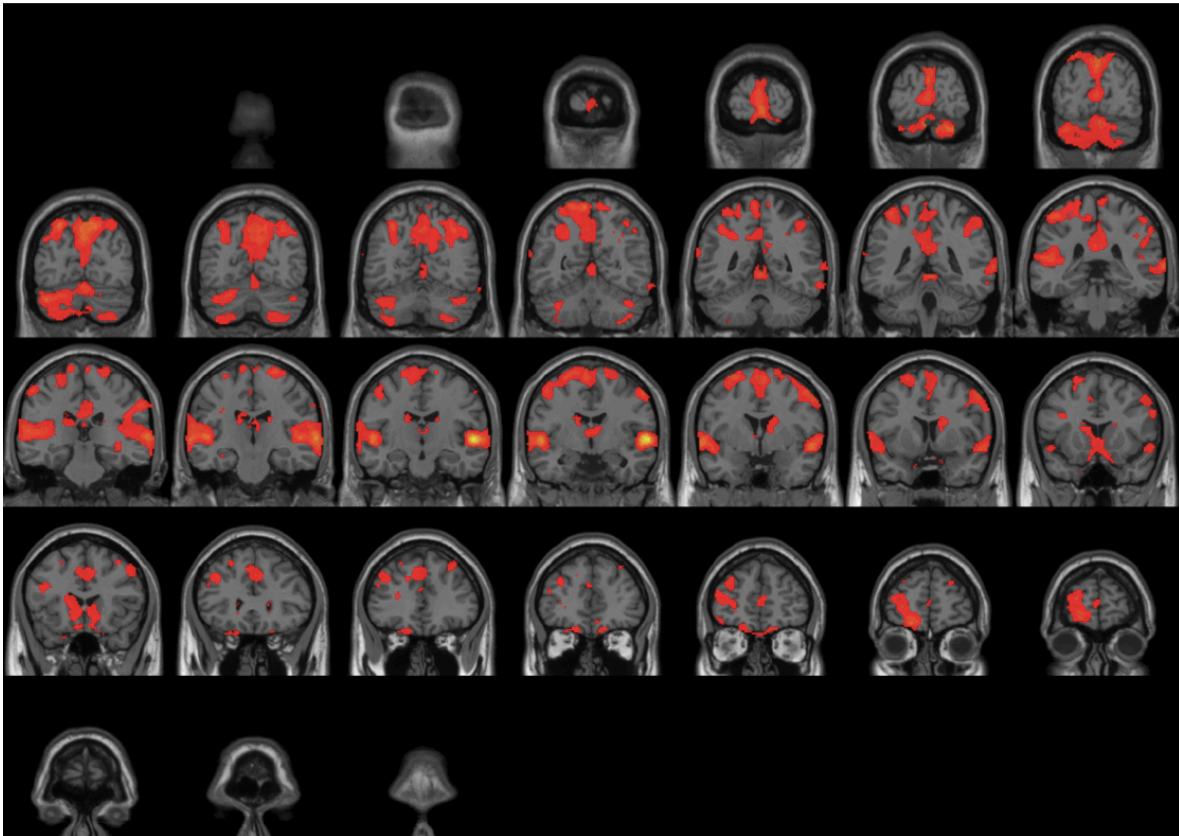


Fig. 3.14. Estímulo "A", No músicos, Coronal.

Se confirma la mayor activación a nivel del primer giro temporal derecho en su parte media, giros transversales de Heschl. De abajo hacia arriba, el cerebelo se activa en su corteza, con predominio del lado izquierdo, en caras superior e inferior, y también las partes verminianas, como el culmen, y algunos puntos de activación en sustancia blanca cerebelosa. La corteza cerebral se activa en la región frontopolar izquierda, así como en regiones frontobasales bilaterales, que avanzan hasta las

áreas primarias de la olfacción y algunas áreas frontobasales, 10, 12 y 11 B. Las cabezas de los núcleos caudados también se activan, así como ambos fornices. La región parieto occipital medial está también activada, con discreto predominio de lado izquierdo, así como las regiones prefrontales bilaterales. Se activa el giro frontal interno en una pequeña porción anterior y el giro del cíngulo en su parte posterior, áreas 32 y 24 B.

** Concuerta con lo antes afirmado: el niño no músico activa preferencialmente las áreas temporales derechas, con otras que no tienen que ver directamente con la audición, pero si con el sistema límbico, como la porción posterior del cíngulo. Ambas cabezas de los núcleos caudados.

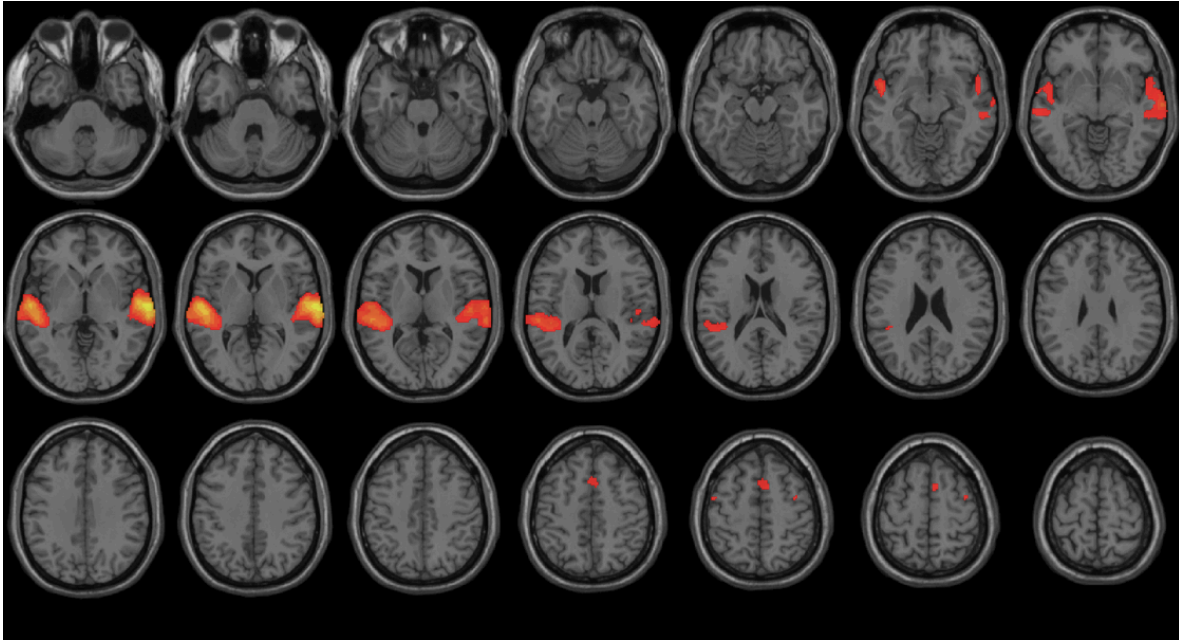


Fig. 3.15. Estimulo "B", Músicos, Axial.

El estímulo en modo menor, en los niños músicos, activó los dos lóbulos temporales, casi exclusivamente. Predomina la intensidad en el lado derecho, pero del lado izquierdo hay un mayor tamaño, con prolongación de la activación hasta la parte más posterior y superior del primer giro temporal, lo que no se ve del lado derecho. Hay pequeñas zonas de activación prefrontal medial bilateral y sobre la corteza del primer giro frontal.

** Se confirma lo dicho: el niño músico concentra su activación en ambos lóbulos temporales, con una pequeña predominancia de intensidad en el lado derecho. Encontramos, también el avance posterosuperior, de la cara superior del primer giro temporal izquierdo.

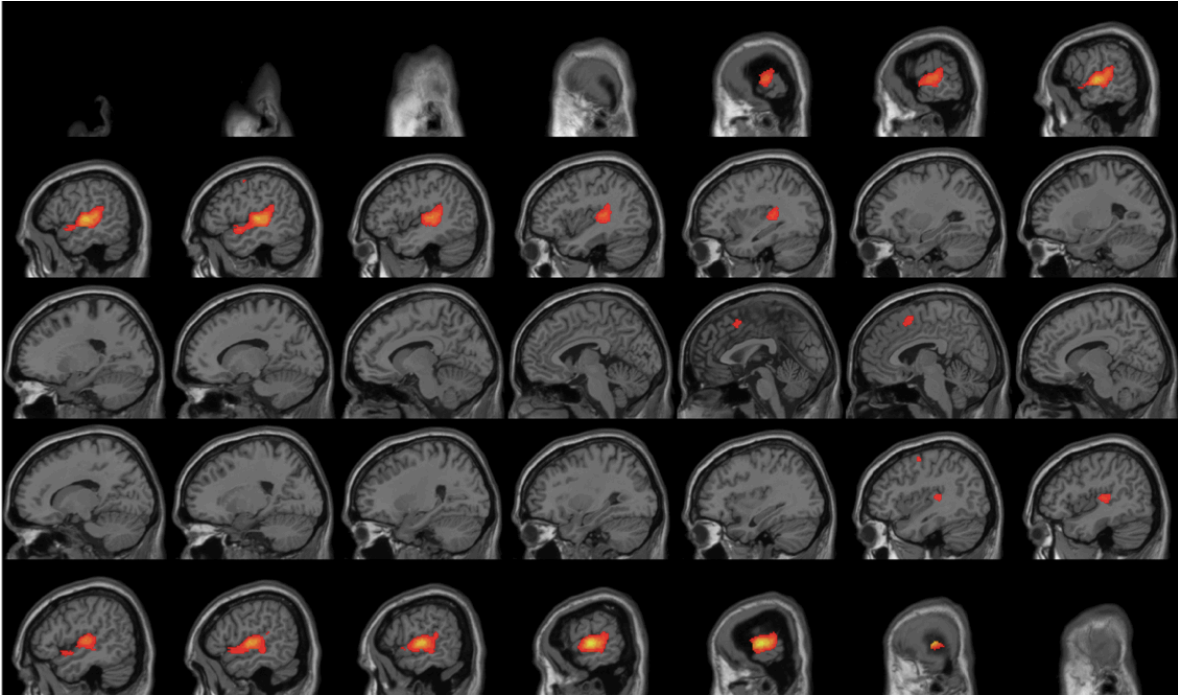


Fig. 3.16. Estímulo “B”, Músicos, Sagital.

Los dos lóbulos temporales se activan, en el primer giro temporal en toda su extensión, activación más marcada en la parte media del primer giro temporal, con una discreta mayor intensidad del lado derecho. Se puede constatar que el temporal izquierdo avanza más hacia las regiones posteriores, tomando contacto con zonas insulares posteriores y rebasándolas, discretamente, toma también contacto con el lobulillo parietal inferior, en ambos lados, un poco más en el izquierdo. En el lado derecho no llega a rebasar la ínsula posterior. Se ven las pequeñas zonas prefrontales de activación, en la parte posterior del giro frontal interno, bilaterales.

** Se confirma lo antes dicho. En el músico es más amplia la activación del primer giro temporal y la parte posterior de la cara superior del primer giro, que llega hasta la parte baja del lobulillo parietal inferior, por detrás del ángulo posterior de a ínsula.

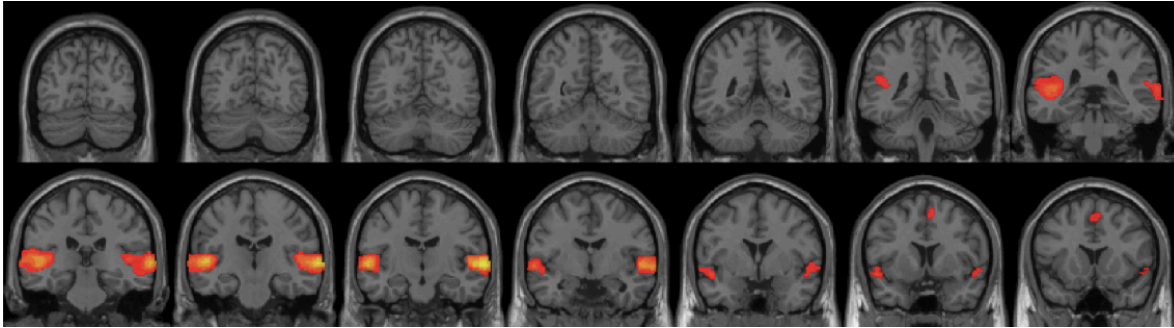


Fig. 3.17. Estímulo “B”, Músicos. Coronal.

En esta incidencia es fácil constatar la extensión posterior de la activación del lado izquierdo, si se compara con la del lado derecho. La activación es discretamente más intensa en la parte media del primer giro temporal derecho. La activación izquierda tiene un avance posterior, sin discusión, que no tiene el lado derecho. Se nota también una activación bilateral de las regiones prefrontales mediales bilaterales, con una cierta predominancia derecha.

** Se confirma lo antes dicho.

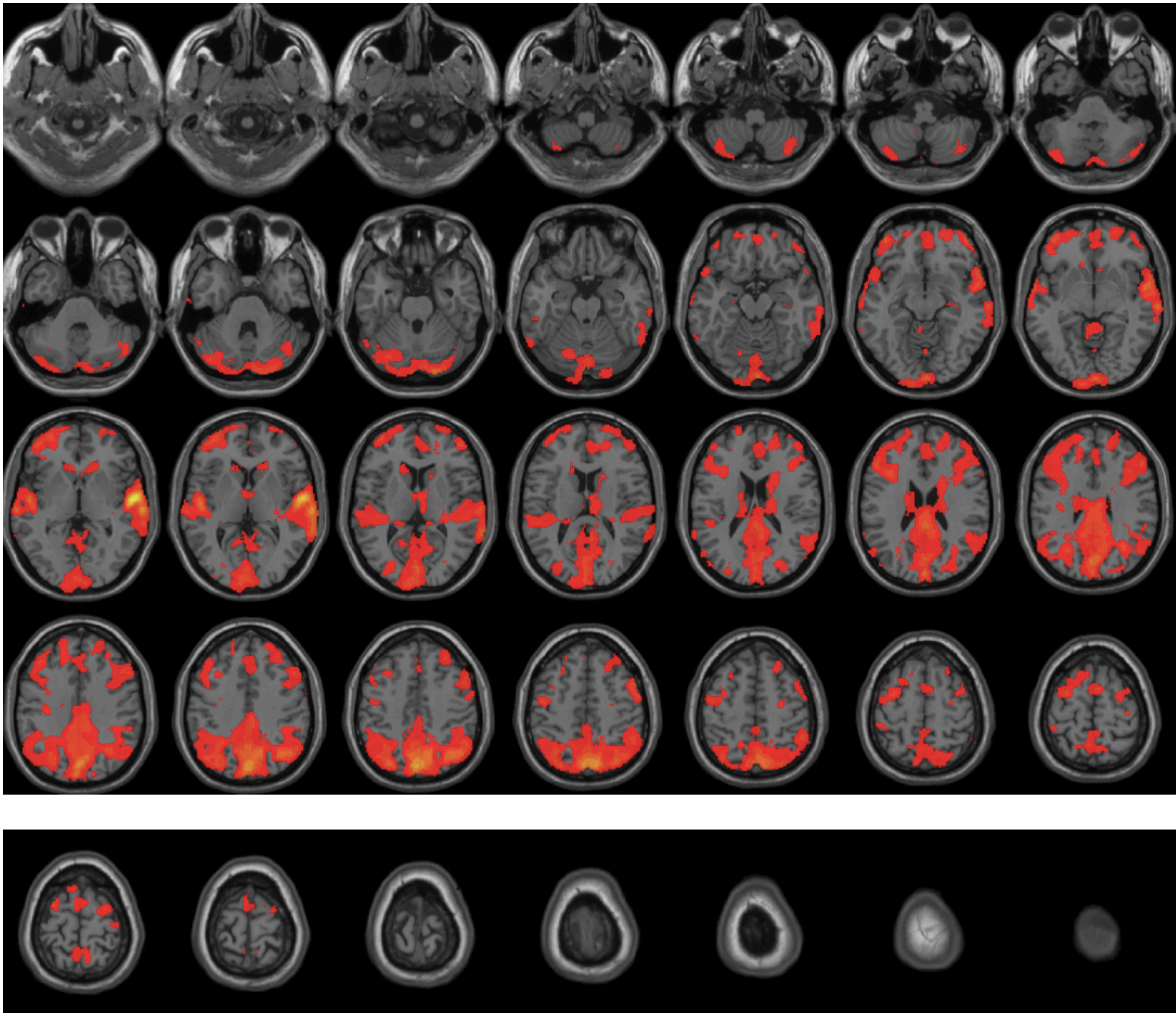


Fig. 3.18. Estímulo “B”, No Músicos, Axial.

Se nota una activación que va desde el cerebelo hasta la convexidad superior del cerebro. Se nota, de nuevo, una más grande activación, tanto en intensidad como en tamaño, a nivel temporal derecho, que prácticamente dobla al izquierdo, que va desde las regiones frontopolares y la parte mas posterior desborda sobre las regiones parietales, giros angular y supramarginal. Caudo rostral, hay activación de la corteza cerebelosa en caras posterior y superior, bilateral, con discreto predominio izquierdo. De nuevo se prolonga hacia las estructuras vermianas superiores, llegando al cúlmen. Hay una fuerte activación de la corteza

parietooccipital medial bilateral y la parte media posterior del cíngulo. A los niveles parietales posteriores y occipitales, la intensidad de la activación es intensa, pero sin llegar a la del primer giro temporal derecho. Se activa la corteza frontopolar y prefrontal bilateral, hasta la parte media del borde dorsal del hemisferio, con un discreto predominio izquierdo. Se alcanza a ver la activación de los fornices y de la cabeza de los núcleos caudados, más importante del lado derecho, en donde se alcanza a ver la activación del cuerpo de núcleo caudado.

** Como en los estudios anteriores, los niños no músicos, en este estímulo B, utilizan el primer giro temporal derecho para la audición, giro que dobla en intensidad y en extensión al izquierdo. Hay también la fuerte activación de las regiones occipitoparietales mediales bilaterales, sobre todo el lóbulo cuadrilátero del parietal, con la una intensidad semejante al primer giro temporal derecho, en la parte superior del primer giro, hacia su parte media.

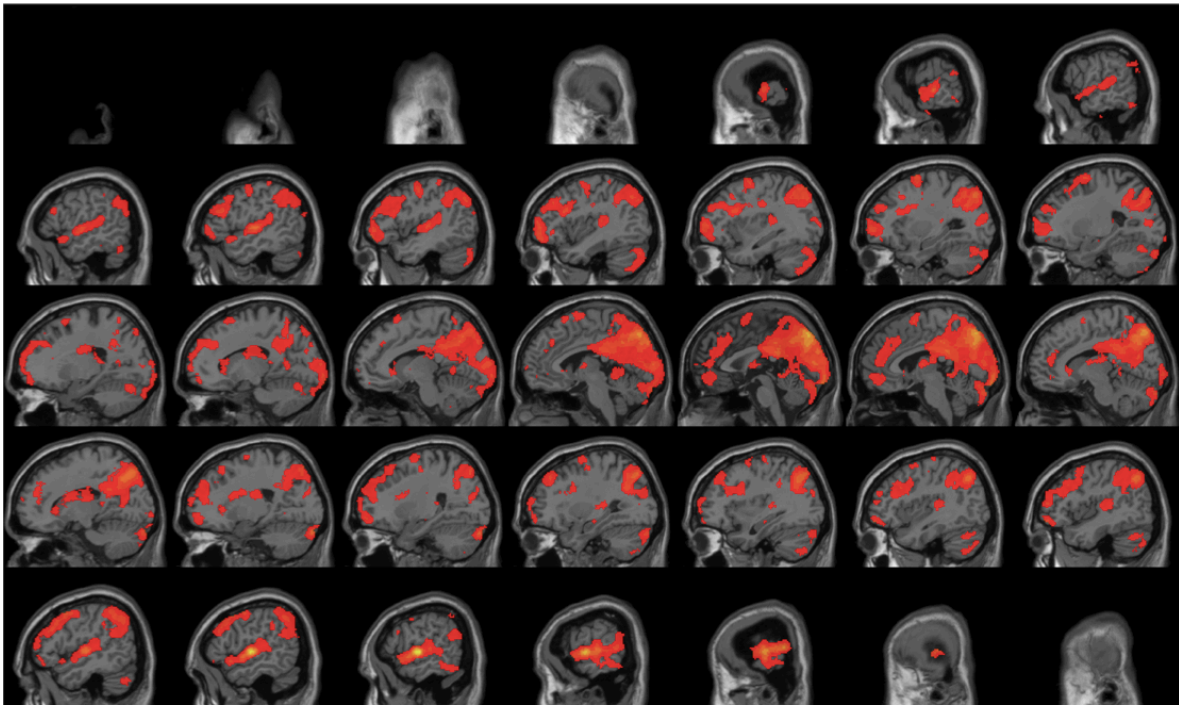


Fig. 3.19. Estímulo “B”, No Músicos, Sagital.

Se ve la activación de ambos primeros giros temporales, pero netamente más intensa del lado derecho, en donde la mayor intensidad está hacia la parte media del primer giro temporal, en el sitio de los giros transversales de Hechl. Esta activación, temporal derecha, llega hasta la parte posterior de la ínsula. En el análisis caudo rostral, hay activación de la corteza cerebelosa de ambos lados, sobre todo la cara inferior del cerebelo y un poco menos en la superior, con predominio izquierdo. Se activa también la parte vermiana superior, hasta los niveles culminares. Se ve una activación intensa, parecida a la del primer giro temporal derecho, en ambas regiones parieto occipitales, con una mayor activación en el lóbulo cuadrilátero, bilateral. Esta activación alcanza a la parte media posterior del cíngulo, hasta el istmo. La corteza del giro frontal interna anterior y media se activa, sobre todo del lado derecho. Se ve claramente la activación de los núcleos caudados, más del lado derecho.

** Los hallazgos son similares a las imágenes anteriores. La localización exacta de las estructuras de la cara medial, es más sencilla en esta incidencia de corte. Las áreas límbicas, sobre todo el cíngulo posterior, se activan claramente.

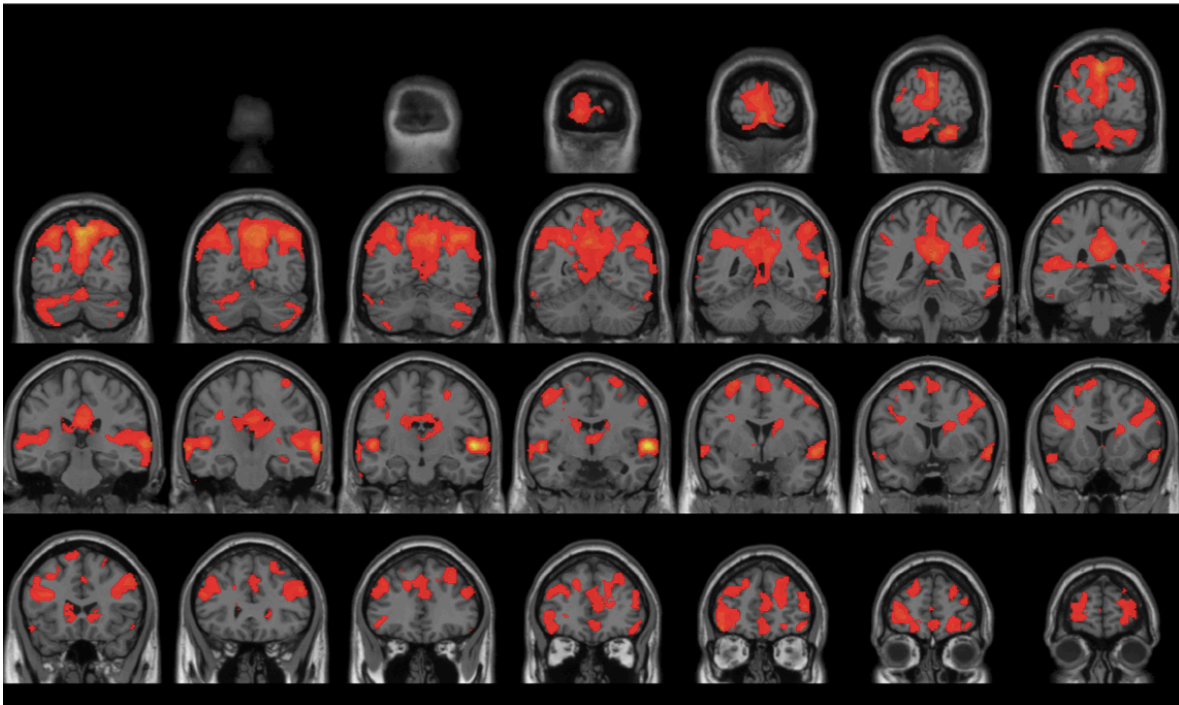


Fig. 3.19. Estímulo “B”, No Músicos, Coronal.

Se vuelve a constatar la predominancia en intensidad y tamaño de la activación del primer giro temporal derecho, que en su parte media posterior desborda discretamente hacia el giro temporal medio, mucho menos del lado izquierdo; las áreas auditivas, sobre la cara superior del primer giro. Analizando las imágenes en caudo rostral, hay activación bilateral de la corteza cerebelosa, cara inferior y superior, predominado del lado izquierdo, así como en región cerebelosa medial, hasta el culmen. Fuerte activación de la regiones parieto occipitales, en la cara medial del hemisferio, en bilateral, prácticamente igual en los dos lados, junto con

el cíngulo medio posterior bilateral y sobre la convexidad posterior, parieto occipital bilateral. Se activan ambos fonix, en su parte media y anterior. El núcleo caudado en su cabeza y cuerpo se activan, en ambos lados, predominando en el lado derecho, que muestra el cuerpo. Hay activación de ambas regiones precentrales, en su parte media y alta, en la convexidad, con discreto predominio derecho. En la parte mas rostral vemos la activación del cíngulo anterior y giro frontal medial, además de la corteza frontopolar bilateral, de la convexidad, simétrica.

** Se ve, con claridad, la mayor activación del primer giro temporal, en todo su espesor y la discreta zona posterior del segundo giro, que desborda hacia abajo.

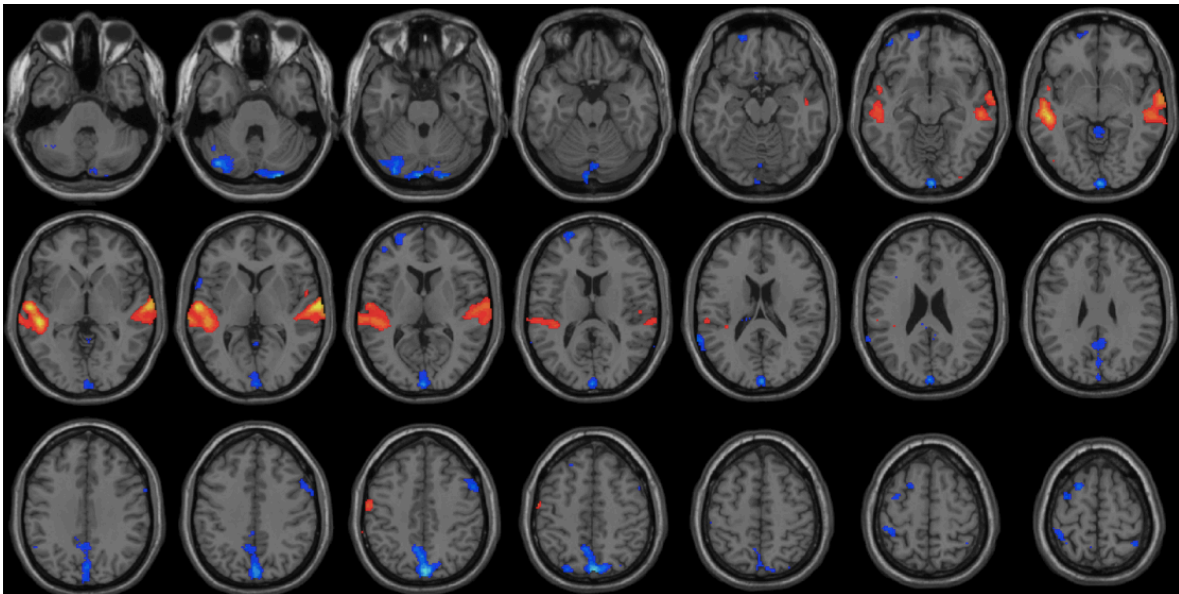


Fig. 3.20. Estímulo “A”, Músicos – No Músicos, Axial. Rojo es activación Músicos > No músicos. Azul lo contrario.

En esta resta se ve: activación del giro temporal superior, en su parte central, principalmente. La activación es simétrica, en intensidad. En esta área vemos una discreta extensión mayor hacia atrás, del lado izquierdo. Se ve una activación sobre las regiones centrales, a nivel de la convexidad, del lado izquierdo.

** Se confirma la presencia de los los primeros giros temporales, en su parte media superior, correspondiente a los giros transversales, casi exclusivamente, en el niño músico, así como el avance más posterior de la activación del lado izquierdo. Lo que de nuevo hace pensar en una actividad prioriamente temporal, en las áreas de la audición, en el niño músico. En esta secuencia es posible constatar una simetría de activación de ambas regiones temporales superiores, con excepción del avance posterior izquierdo.

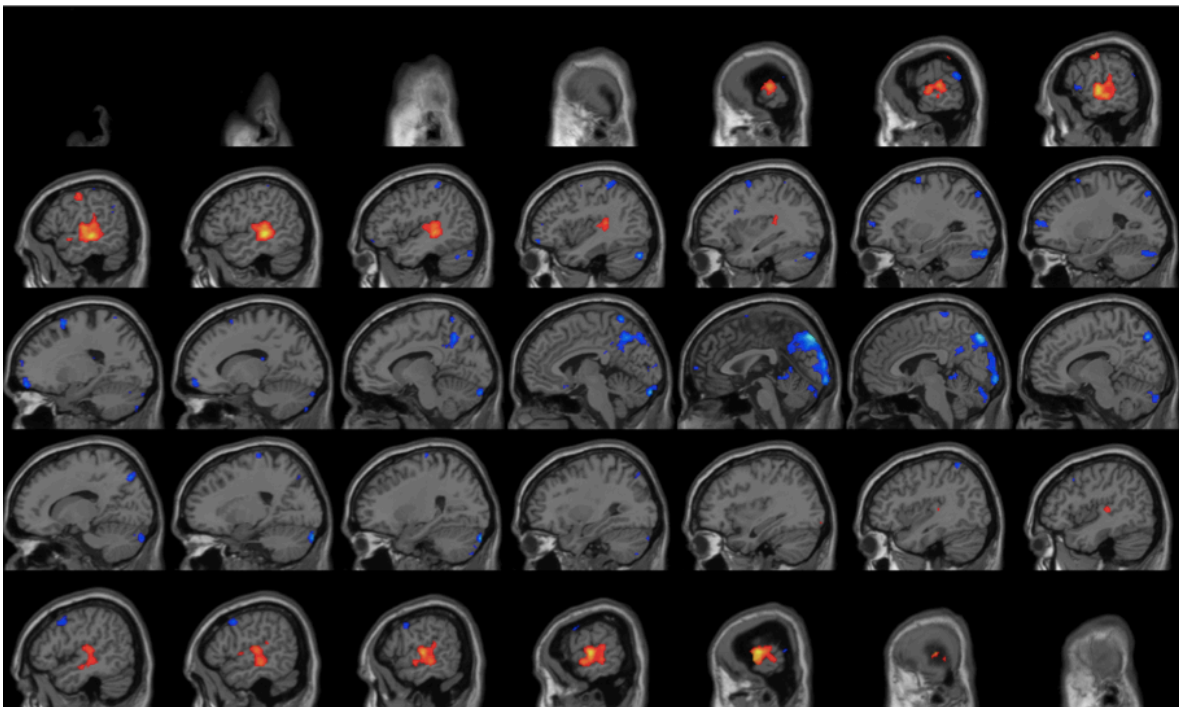


Fig. 3.21. Estímulo "A", Músicos – No Músicos, sagital.

Se corrobora lo antes dicho. El avance de la activación izquierda llega hasta atrás del vértice insular posterior, el del lado derecho no lo hace. Se corrobora la presencia de una discreta activación central, hacia la parte media del giro central izquierdo.

** Es posible determinar que es en el grosor del primer giro temporal, en su parte central, la que se activa, con muy pequeñas partes que desbordan hacia el segundo giro temporal, visible en el lado derecho.

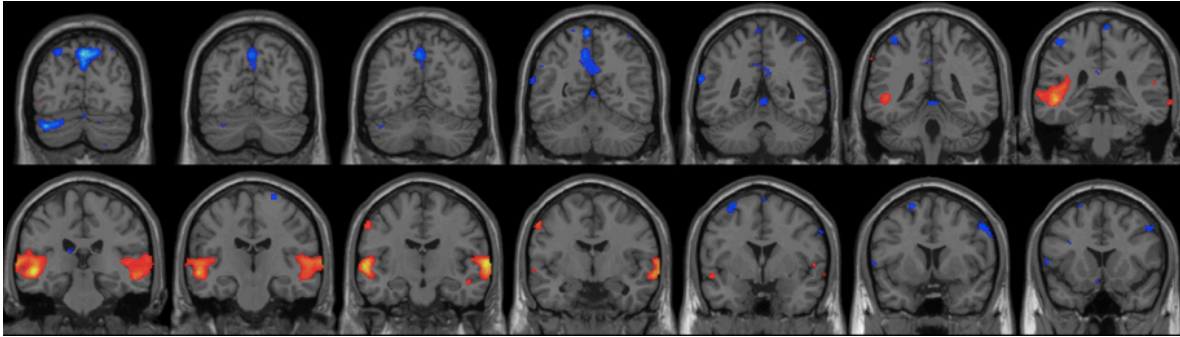


Fig. 3.22. Estímulo "A", Músicos – No Músicos, Coronal.

Lo antes dicho. Se ve con claridad la mayor extensión posterior de la activación del lado izquierdo y la simetría en las intensidades de ambos giros temporales superiores. Hay discreta activación anterior del giro temporal derecho.

** Se corrobora el avance posterior temporal izquierdo, hacia el final del cuerno occipital y ya vecino a la parte anterior del surco calcarino, en zonas ya parietales inferiores. Hay un discreto avance de la activación del temporal derecho, hacia adelante. Se confirma la intensidad de activación simétrica.

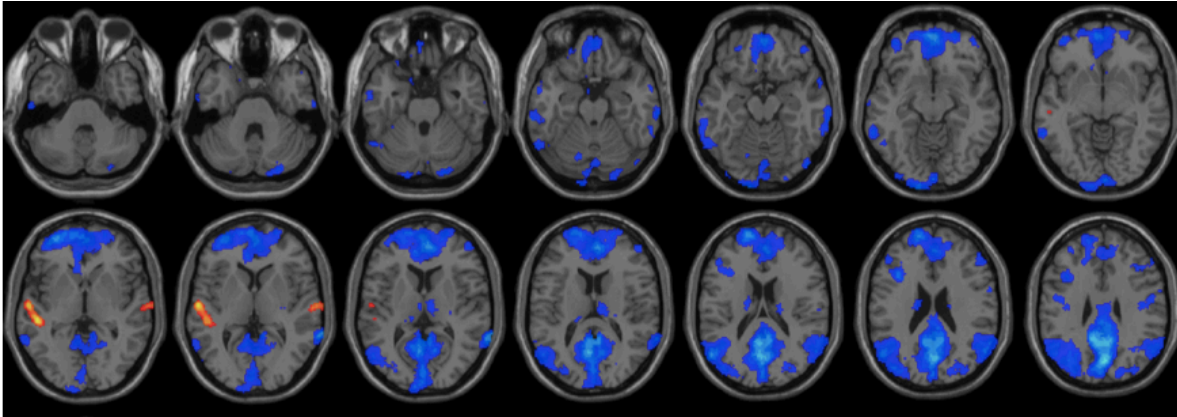


Fig. 3.23. Estímulo “B”, Músicos – No Músicos, Axial.

En este estímulo en modo menor, se encuentra que en el músico existe una activación, bien definida, del giro temporal superior izquierdo en su parte media superior, correspondiente al área auditiva primaria. Hay también una activación derecha, pero ésta es muy pequeña, de menos de la mitad de la del lado izquierdo y con menos intensidad.

** El niño músico utiliza los temporales para su apreciación de la música. Ya se vió que esto en el estímulo A, en esta misma resta. Ahora tenemos claramente, la predominancia del giro temporal izquierdo, para una obra en tono menor, de gran calidad, como es la Pasión según san Mateo. El azul es lo que se restó, para obtener estas imágenes y se puede constatar que para el estímulo A y B en no músicos, la activación es en una gran parte del cerebro. El niño músico concentra su atención en las áreas del primer giro temporal, en los giros transversos.

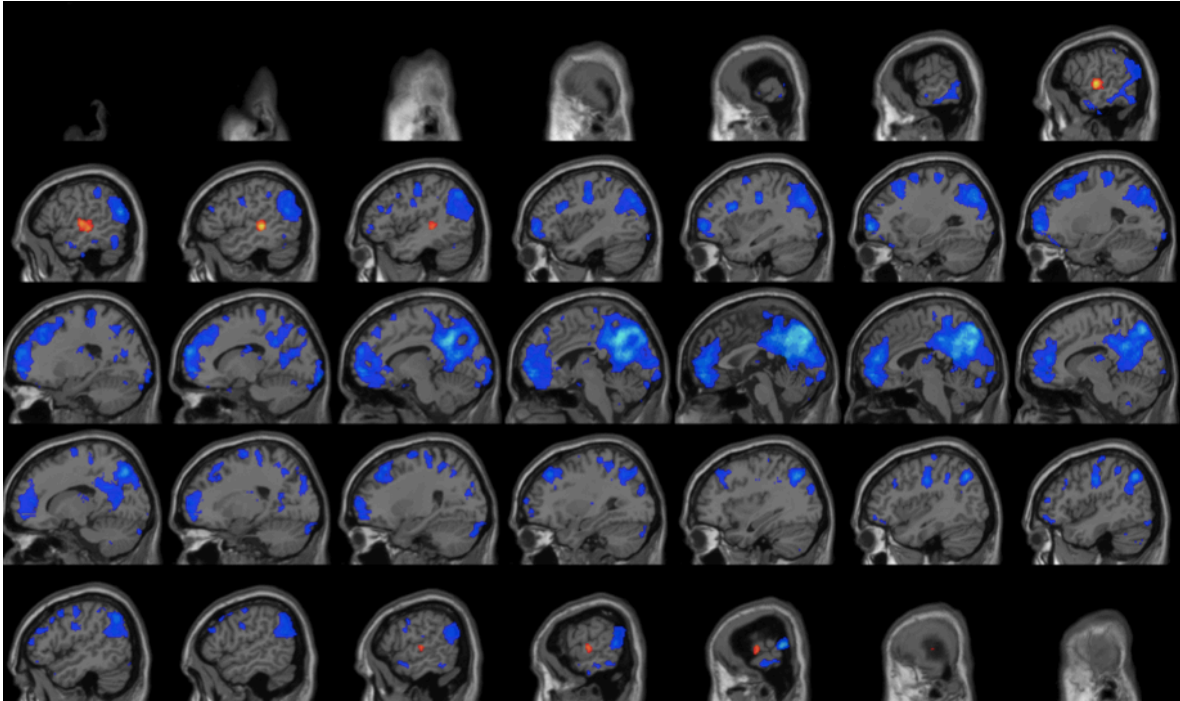


Fig. 3.24. Estímulo “B”, Músicos – No Músicos, Sagital.

Se confirma lo antes dicho. La activación de la parte media y superior del primer giro temporal, hacia las áreas de los giros transversos de Hechl, es evidente del lado izquierdo, apenas visible del derecho.

** se nota la concentración de la actividad, para este estímulo B en los giros transversales de Heschl, con neta predominancia del lado izquierdo.

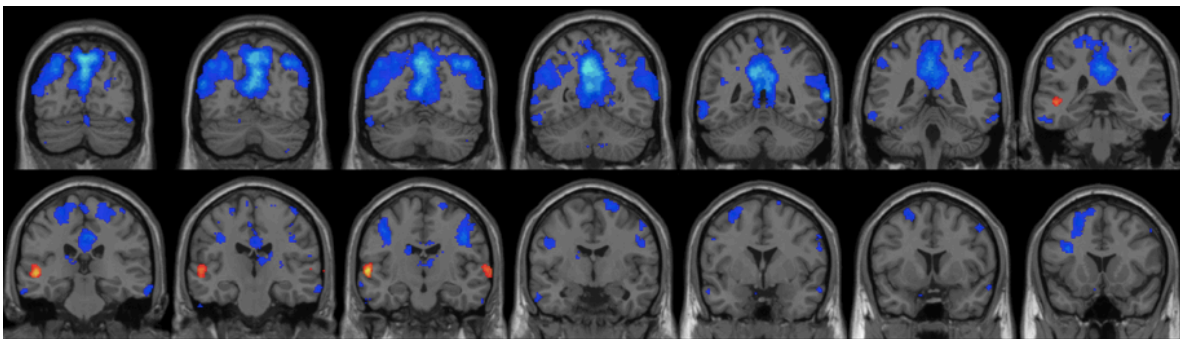


Fig. 3.25. Estímulo “B”, Músicos – No Músicos, Coronal.

Confirmación de lo antes dicho.

INTERPRETACIÓN DE CORTES AXIALES MÁS COORDENADAS MNI

ESTÍMULO “A” MÚSICOS

Descriptivo: se notan zonas de activación principales en ambas regiones temporal superior y media, semejantes.

El lado derecho discretamente más grande y más intensa, sobre todo en las regiones temporales superiores (coordenadas 68 -15 2 y 61.-16 8), esta activación derecha va desde la parte tampo polar (coordenadas 52 8 -12). La activación es tanto en la convexidad, como en la parte superior del primer giro temporal, muy evidente en la parte media, superior de éste; esto último hasta las regiones vecinas al tálamo posterior, cápsula interna posterior e ínsula posterior (coordenadas 56 -27 -8), a nivel del temporal medio (coordenadas -56 -27 -8). Hay una activación discreta que va desde la parte posterior interna del opérculo frontal, para hacerse más manifiesta en las regiones prefrontales internas, dentro del parénquima y profundidad de los surcos de la región, todo esto del lado derecho (coordenadas 40 18 23).

Intensidad según coordenadas MNI

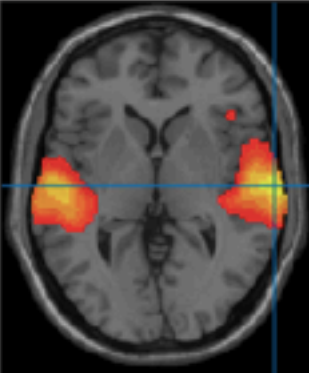
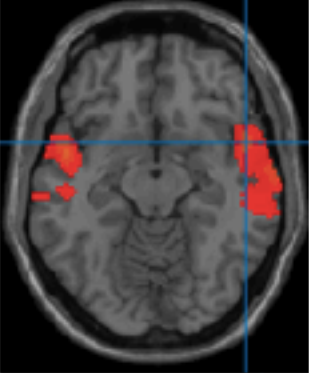
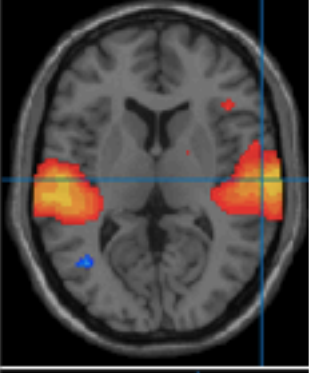
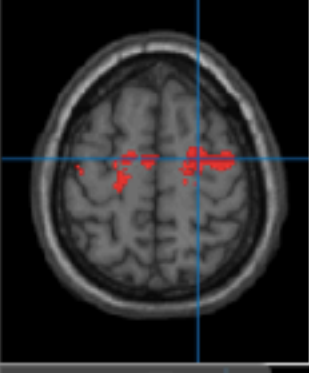
El pico de intensidad, en estas coordenadas MNI 68 -14 4, es de 16.5499, con 5398 voxels, de los cuales 3473 son del lóbulo temporal y 2364 de la región temporal superior.

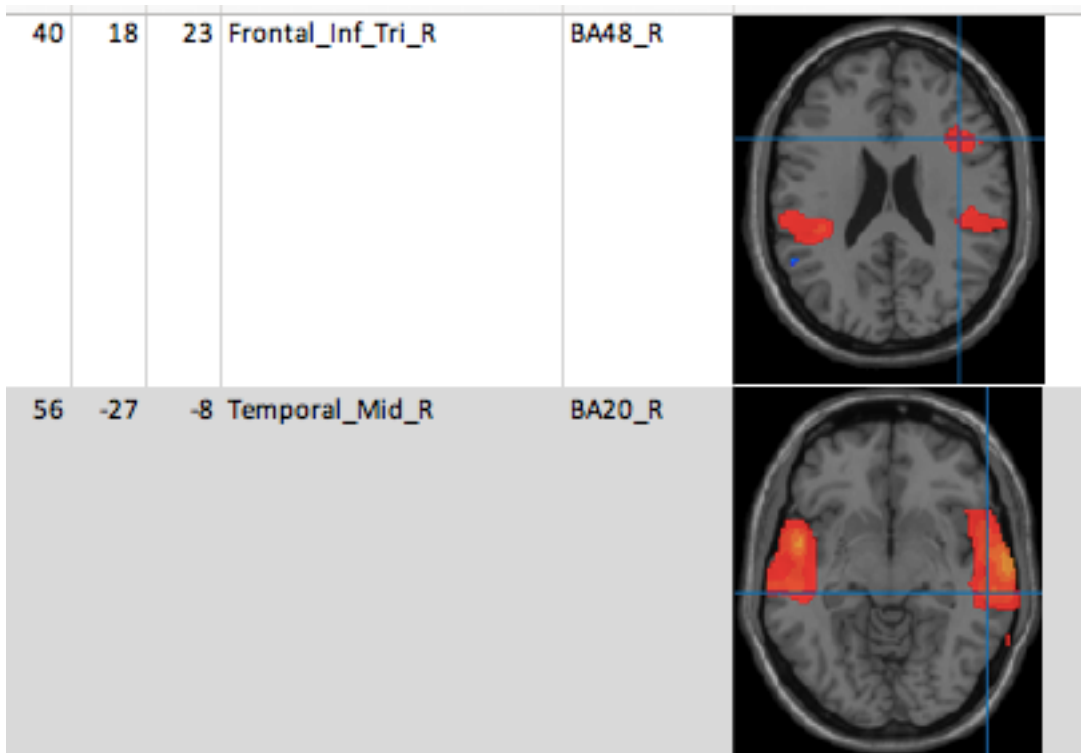
Para la activación en la región prefrontal, incluyendo aquella que se ve en 40 18 23, tiene un pico de intensidad de 5.2624, con 572 voxels. El área cortical 6 B, motriz secundaria, es la estructura con más voxels, 259.

Tabla 3.1

Estímulo A Músicos

Threshold: 3.2 Valor T: 0.0001

Derecha					
x	y	z	AAL	Brodmann	Imagen Axial
68	-15	2	Temporal_Sup_R	BA22_R	
52	8	-12	Temporal_Pole_Sup_R	BA38_R	
61	-16	8	Temporal_Sup_R	BA48_R	
24	-6	59	Frontal_Sup_R	BA6_R	



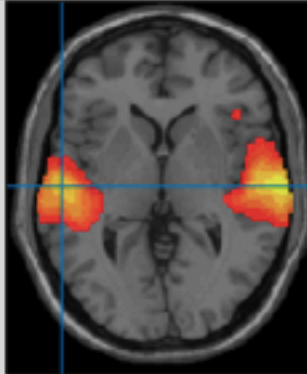
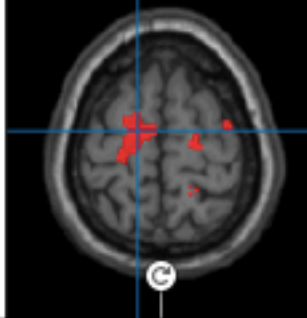
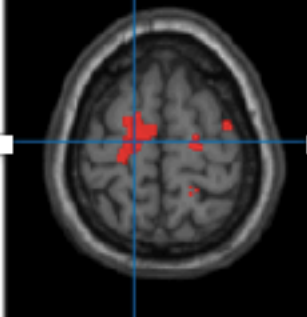
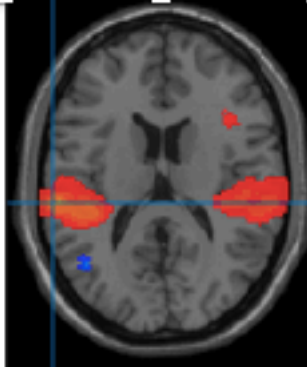
El lado izquierdo, con activación semejante al derecho, pero un poco menor, en regiones temporales medias y superiores (coor izq -58 -16 2 y -63 -28 16, respectivamente) Se activan, particularmente, los giros de Heschl y el opérculo rolándico (coor izq -37 -29 15 y -46 -27 15, respectivamente) Hay activación manifiesta del área motora superior y el lobulillo paracentral (coor izq -14 -10 66 y -16 -16 66, respectivamente).

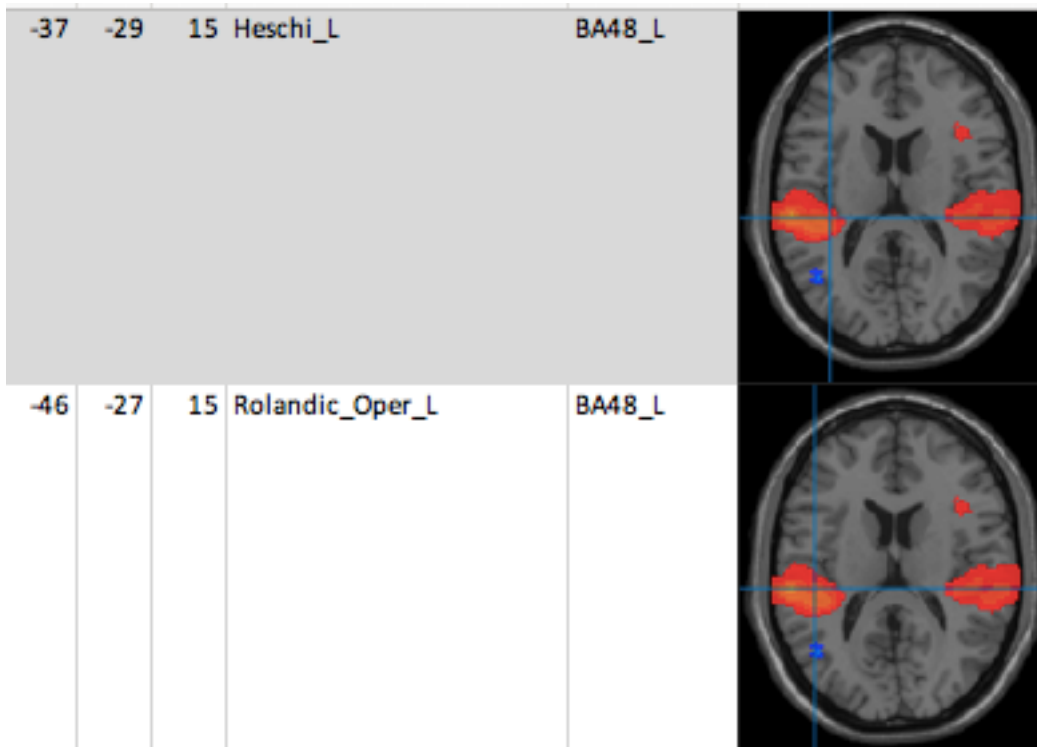
Intensidad y coor MNI

El pico de intensidad en coor izq MNI -56 -16 4, es de 14.2444, con un total de 4652 voxeles, de los cuales 3332 son para el lóbulo temporal y 2195 para los giros temporales superiores.

Las coord. izq. MNI muestran una activación en la región prefrontal, en $-18 -16 -64$, con un pico de intensidad en 4.6501 y un total de 524 vóxeles. A la región precentral corresponden 179 y al área 6 B, 164.

Tabla 3.2

Izquierda						Imagen Axial
x	y	z	AAL	Brodmann		
-58	-16	2	Temporal_Mid_L	BA22_L		
-14	-10	66	Supp_Motor_Area_L	BA6_L		
-16	-16	66	Paracentral_Lobule_L	BA6_L		
-63	-28	16	Temporal_Sup_L	BA42_L		



ESTÍMULO A, NO MÚSICOS

Hay una activación más importante de todo el cerebro en ambos lóbulos temporales, pero francamente predominancia del:

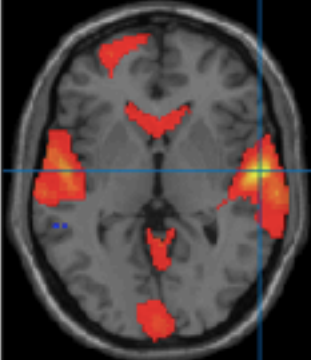
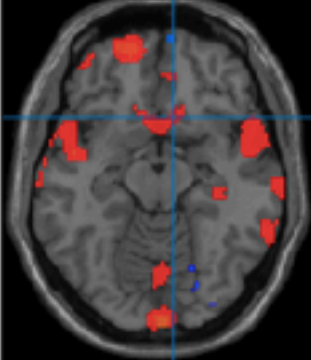
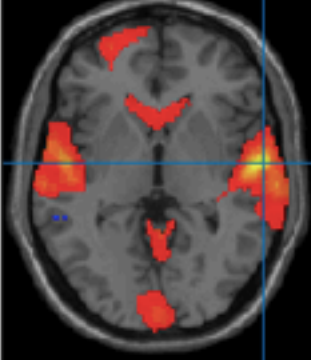
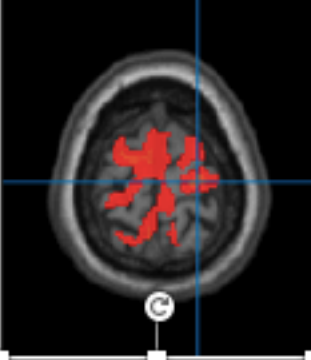
Temporal derecho, en zona temporal superior derecha, cara superior del primer giro temporal (coordenadas 59 -9 0 y 61 -9 -1) Se activan zonas del sistema límbico como el giro del cíngulo, posterior y medio, en bilateral, en la parte anterior del cíngulo (coordenadas 5 26 36) y la región posterior del giro recto, y las cabezas de los núcleos caudados (coordenadas 9 19 -13), así como la región precentral (coordenadas 23 -22 73) y el área motriz superior (coordenadas 1 -1 63). La activación avanza sobre el lobulillo parietal inferior, en las regiones supramarginales (coordenadas 61 -27 38)

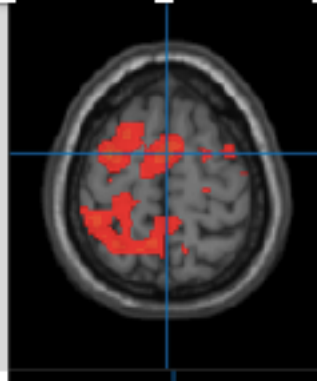
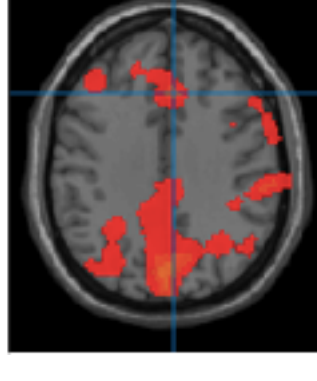
Tabla 3.3

Estímulo A No Músicos

Threshold: 3.2 ValorT: 0.0001

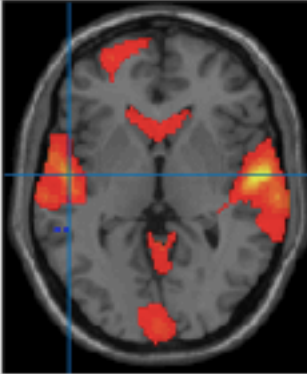
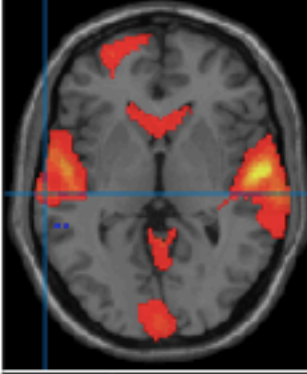
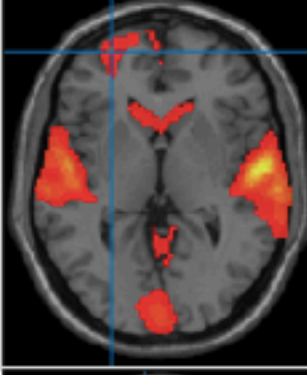
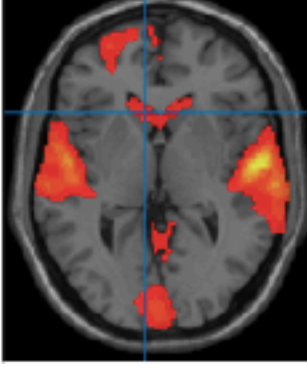
Derecha

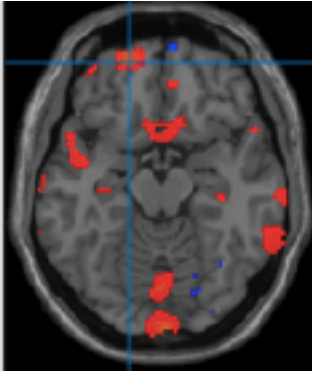
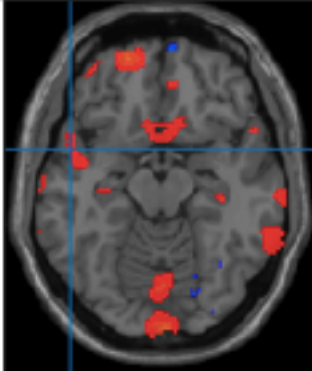
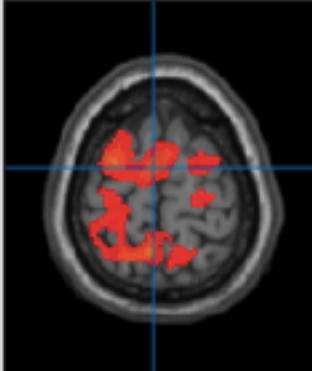
x	y	z	AAL	Brodman	Imagen Axial
59	-9	0	Temporal_Sup_R	BA48_R	
9	19	-13	Rectus_R	BA11_R	
61	-9	-1	Temporal_Sup_R	BA22_R	
23	-22	73	Precentral_R	BA6_R	

61	-27	38	SupraMarginal_R	BA2_R	
1	-1	63	Supp_Motor_Area_R	BA6_R	
5	26	36	Cingulum_Mid_R	BA32_R	

Del lado izquierdo, los giros temporal superior y temporal medio (coord izq -52 -9 0 y -66 -22 0, respectivamente), tienen una menor activación, si se comparan con el lado derecho. Existe una activación del polo frontal y toda la corteza prefrontal, el polo a nivel de primer giro frontal y segundo giro frontal (coord izq -28 58 1 y -18 55 -15, respectivamente), El polo temporal tiene una discreta activación (coord izq -52 5 -14) Hay activación también del área motriz superior, así como de las regiones postcentrales (coord -4 -5 67). Hay también activación del cíngulo izquierdo y zonas parieto-occipitales. Se activan también las cabezas de ambos núcleos caudados (coord izq -8 20 2) Activación de las áreas motoras suplementarias (coord izq -4 -5 67).

Tabla 3.4

Izquierda						
x	y	z	AAL	Brodmann	Imagen Axial	
-52	-9	0	Temporal_Sup_L	BA48_L		
-66	-22	0	Temporal_Mid_L	BA21_L		
-28	58	1	Frontal_Sup_L	BA11_L		
-8	20	2	Caudate_L	BA25_L		

-18	55	-15	Frontal_Mid_Orb_L	BA11_L	
-52	5	-14	Temporal_Pole_Sup_L	BA21_L	
-4	-5	67	Supp_Motor_Area_L	BA6_L	

ESTÍMULO B EN MÚSICOS

Se encuentra una activación de ambas áreas temporales, de intensidad semejante, aunque discretamente más intensa en el lado derecho, a nivel del primer giro temporal y que avanza hacia atrás y adentro, siguiendo la dirección de la cara superior del primer giro temporal, bilateralmente.

Del lado derecho la activación es básicamente en el giro temporal superior y región témporo polar (coor der 66 -17 0 y 56 -9 0) aunque ésta empieza en los niveles temporales medios con menos intensidad en la parte temporopolar (coor der 63 -25 -6), hacia la parte superior de la cara medial, hay una discreta activación en la región precentral (coor der 3 12 52). La activación llega hasta las partes posteriores del sistema nuclear cerebral, aunque este avance posterior sea menos que el del lado derecho.

Intensidad según coor MNI

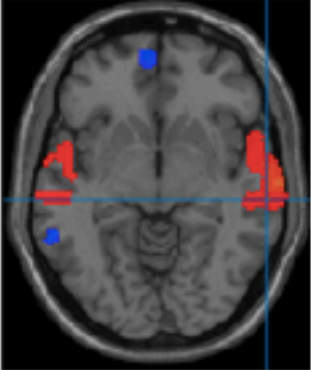
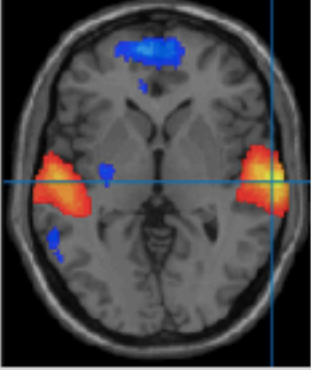
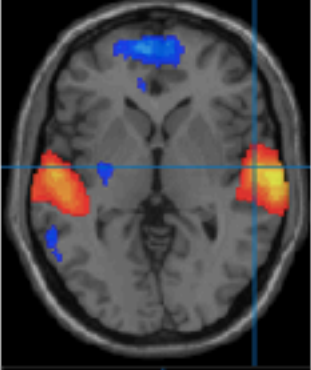
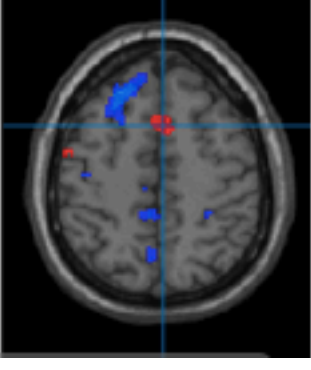
En las coor der 66 -14 2, hay un pico de intensidad de 12.4532, con un total de voxels de 2332, de los cuales 1965 son del lóbulo temporal, 1411 de los giros temporales superiores, 855 de substancia gris y del área 22 B 328.

Tabla 3.5

Estímulo B Músicos

Threshold: 3.2 Valor T: 0.0001

Derecha

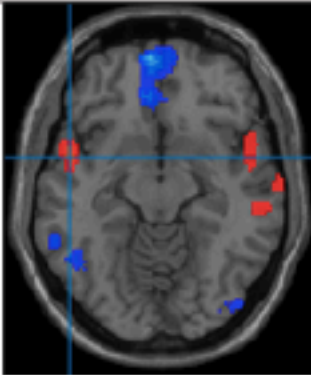
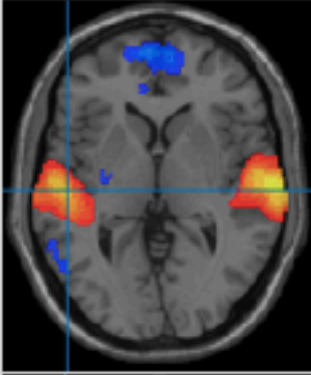
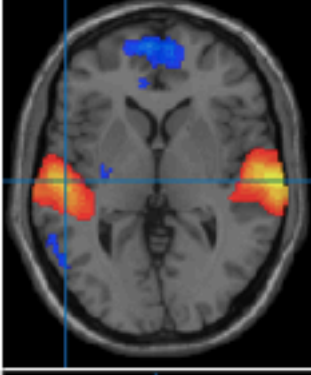
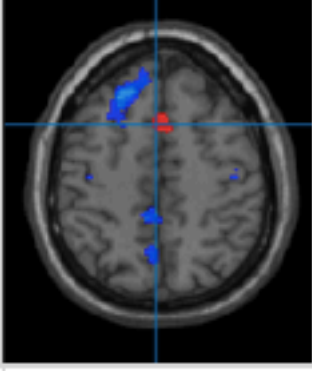
x	y	z	AAL	Brodmann	
63	-25	-6	Temporal_Mid_R	BA21_R	
66	-17	0	Temporal_Sup_R	BA22_R	
56	-9	0	Temporal_Sup_R	BA48_R	
3	12	52	Supp_Motor_Area_R	BA32_R	

Del lado izquierdo, se activan prácticamente las mismas zonas, primer giro temporal, región temporal superior y media (coor izq -52 2 -11 y -53 -17 2 y -52 -19 2) Hay la misma activación en la región precentral superior y medial, que se vió en el lado derecho (coor izq -2 14 50). Se nota que la parte posterior de la activación izquierda, sobre todo en el avance hacia las regiones mediales, es mayor en sentido posterior que la derecha.

Intensidad y voxels coor MNI

En las coor izq MNI -58 -14 2, tiene un pico de intensidad de 10.4813, con 2569 voxels, de los cuales 2182 son del lóbulo temporal, 1688 los giros temporales superiores, 988 de materia gris, 276 el área 22 B y 201 la 41 B

Tabla 3.6

Izquierda					
x	y	z	AAL	Brodmann	
-52	2	-11	Temporal_Sup_L	BA21_L	
-52	-19	2	Temporal_Mid_L	BA22_L	
-53	-17	2	Temporal_Sup_L	BA48_L	
-2	14	50	Supp_Motor_Area_L	BA32_L	

ESTÍMULO B EN NO MÚSICOS

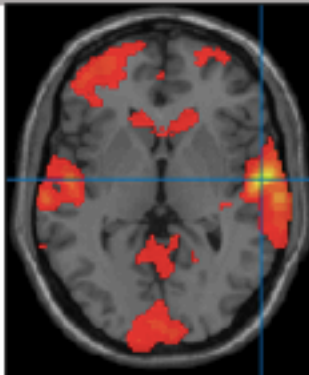
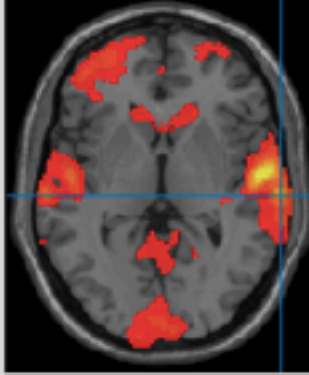
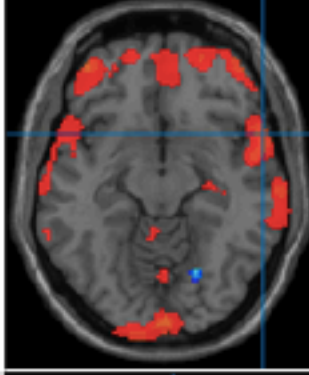
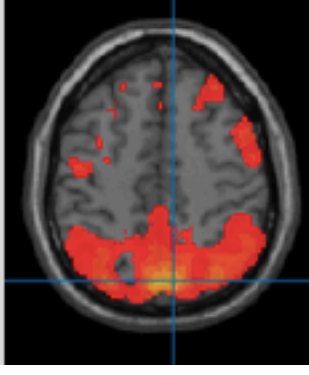
Es clara la predominancia temporal derecha, en donde la activación va desde las regiones temporales anteriores, polo temporal (coordenadas 69 -22 0 y 59 12 -11) y superiores, cara superior del primer giro temporal (coordenadas 58 -10 0 y 69 -22 0). También la región temporal media se activa (coordenadas 70 -33 2). Hay activación de las regiones parietales mediales posteriores, como la zona del lóbulo cuadrilátero – precuneo- (coordenadas 8 -75 47), la activación es intensa, casi como en el lóbulo temporal de este mismo lado; hay activación del giro angular, en su parte superior (coordenadas 45 -61 43). Hay una pequeña activación prefrontal, menor que la del lado izquierdo. Ambos núcleos caudados, en su cabeza, se activan. Lo mismo que el vermis cerebeloso y la región occipital posterior.

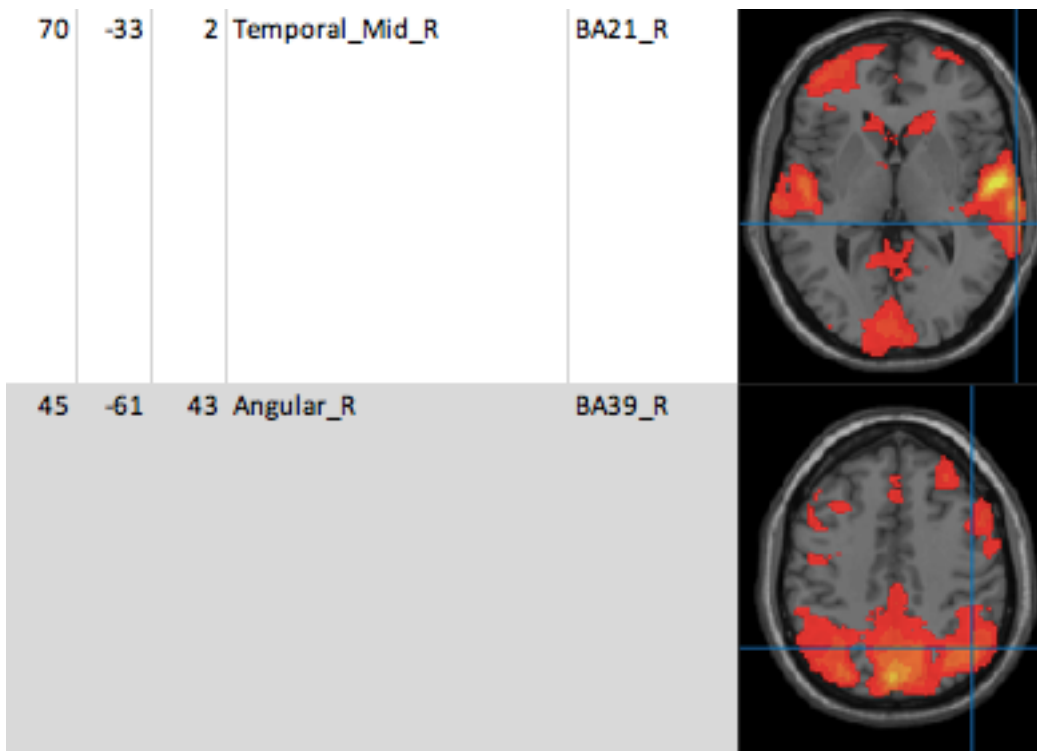
Tabla 3.7

Estímulo B No Músicos

Threshold: 3.2 Valor T: 0.0001

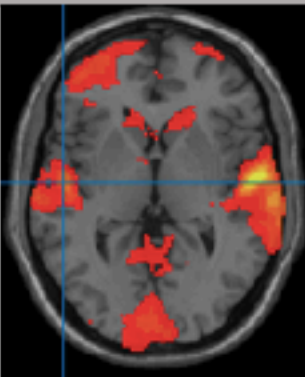
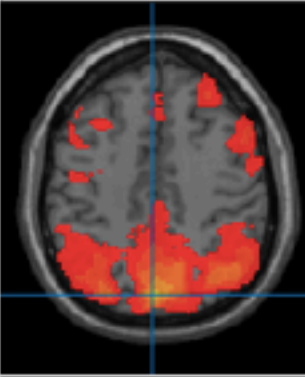
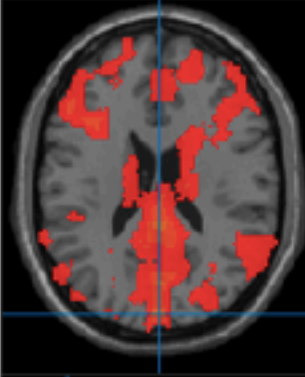
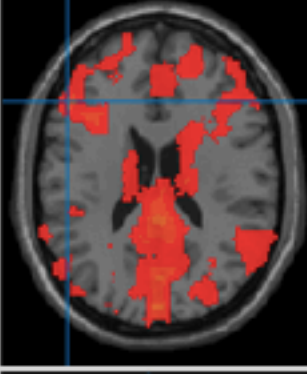
Derecha

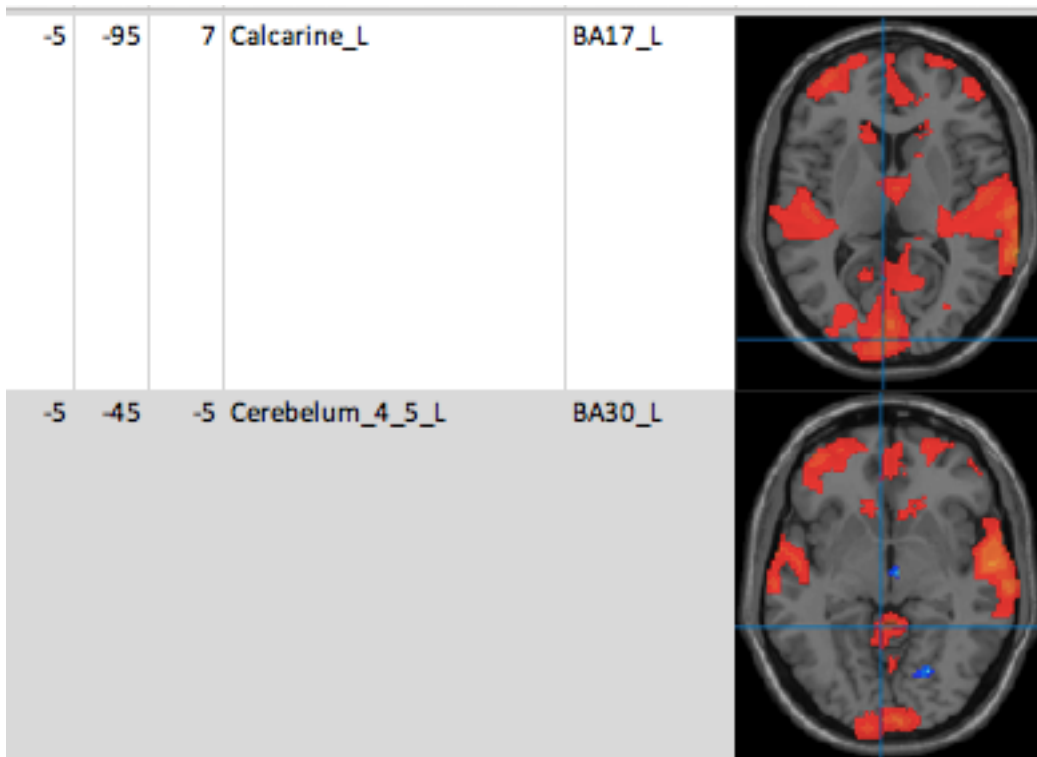
x	y	z	AAL	Brodmann	
58	-10	0	Temporal_Sup_R	BA48_R	
69	-22	0	Temporal_Sup_R	BA21_R	
59	12	-11	Temporal_Pole_Sup_R	BA38_R	
8	-75	47	Precuneus_R	BA7_R	



Del lado izquierdo. Es francamente de menos de la mitad la activación de la región temporal, y áreas auditivas (coor izq -53 -12 1). Se activa el área prefrontal en su parte inferior y media, menos en la superior, mucho más que en el lado derecho (coor izq -52 29 22) y así como del lado izquierdo, existe una fuerte activación en las áreas parietales mediales -el precúneo- (coor izq -2 -78 44), hay también activación de las áreas calcarinas, esta activación es bilateral y las coordenadas se miden en ambos lados (coor izq -5 -95 7) esta activación la da el atlas MNI. También se nota activación de las áreas parietales superiores de la convexidad, giros angular y supramarginal. Se nota activación de las áreas cingulares medias y posteriores. La parte cerebelosa vermiana, el culmen, también se activa (coor izq -5 -45 -5)

Tabla 3.8

Izquierda					
x	y	z	AAL	Brodmann	
-53	-12	1	Temporal_Sup_L	BA48_L	
-2	-78	44	Precuneus_L	BA7_L	
1	-91	22	Cuneus_L	BA18_R	
-52	29	22	Frontal_Inf_Tri_L	BA45_L	



RESTA, MÚSICOS MENOS NO MÚSICOS, ESTÍMULO A

De los dos lados hay una activación de las regiones auditivas, en donde la intensidad del estímulo parece ser más importante del lado izquierdo.

Lado derecho: se activa la zona temporal superior (coordenadas 68 -15 5 y 68 -10 -4), así como de menor intensidad la zona temporal media (coordenadas 54 -23 -4 y 55 -24 -12 y 51 -14 -12). Esta activación parece estar sobre la parte media, en el sentido anteroposterior, de la cara superior del primer giro temporal, giros transversos de Heschl y hacia la parte medial, hasta la ínsula posterior.

Intensidad y voxels coordenadas MNI

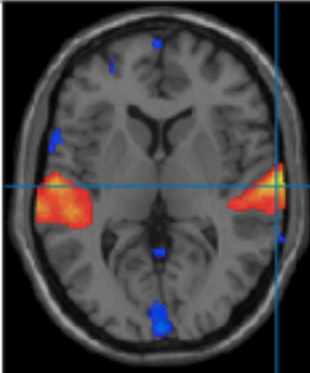
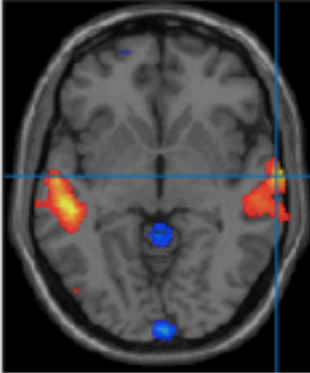
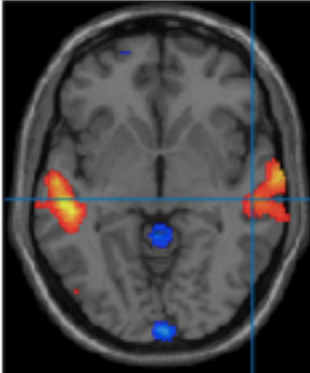
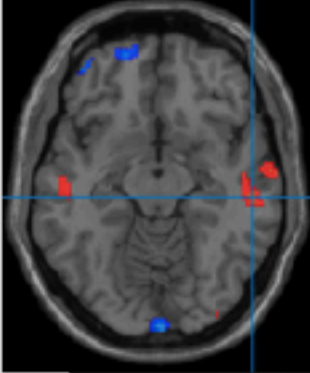
En las coordenadas MNI 68 -12 4, hay un pico de intensidad de 8.1401, con un total de 1566 voxels, de los cuales 1065 son del lóbulo temporal, 750 de los giros

temporales, 730 de materia gris, 322 de la región temporal media, 125 área B 21 y 120, área B 22.

Tabla 3.9

Estímulo A Músicos-No Músicos

Threshold: 3.23 Valor T: 0.001

Derecha					
x	y	z	AAL	Brodmann	
68	-15	5	Temporal_Sup_R	BA22_R	
68	-10	-4	Temporal_Sup_R	BA21_R	
54	-23	-4	Temporal_Mid_R	BA21_R	
55	-24	-12	Temporal_Mid_R	BA20_R	

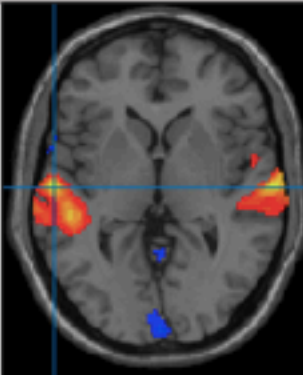
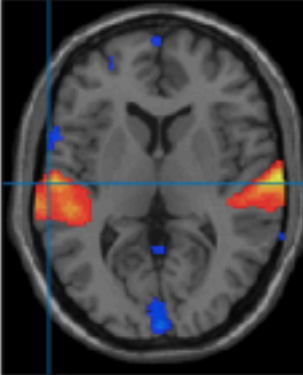
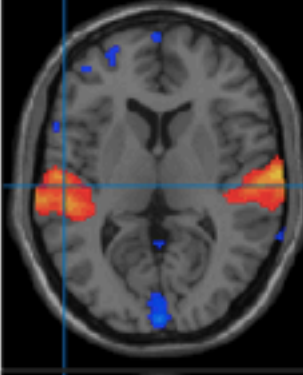
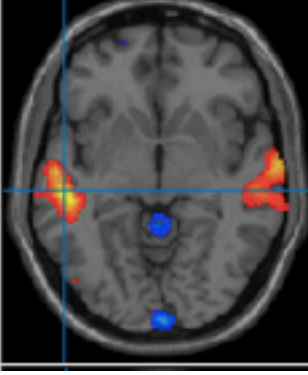


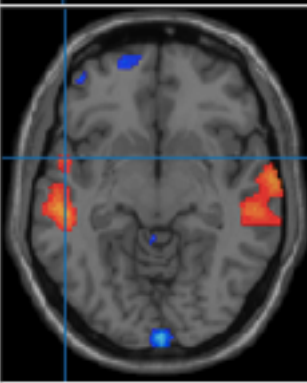
Del lado izquierdo se activan la regiones temporales medias, a nivel de la convexidad, en la parte central del lóbulo temporal (coor izq -60 -15 1 y -54 -24 -5), y las temporales superiores, primer giro temporal y ténporo polares (coor izq -63 -15 6 y -54 -19 7 y -53 5 -8) que se puede ver desde el polo temporal (coor izq -53 5 -8).

Intensidad y voxels coor MNI

En las coor izq -52 -28 -2, hay un pico de intensidad de 8.3051, con un total de 1920 voxels, de los cuales del lóbulo temporal son 1782, de los giros temporales superiores 1050, materia gris 644, BA 22 son 195, BA 41 son 148 y BA 21 son 126.

Tabla 3.10

Izquierda						
x	y	z	AAL	Brodmann		
-60	-15	1	Temporal_Mid_L	BA22_L		
-63	-15	6	Temporal_Sup_L	BA22_L		
-54	-19	7	Temporal_Sup_L	BA48_L		
-54	-24	-5	Temporal_Mid_L	BA21_L		

-53	5	-8	Temporal_Sup_L	BA38_L	
-----	---	----	----------------	--------	--

Resta, músicos menos no músicos, estímulo B

Se nota claramente una zona de activación temporal izquierda, y prácticamente nada del lado derecho.

Lado derecho, muy discreta activación temporal superior, apenas visible (coordenadas 68 -15 2 y 61 -15 8).

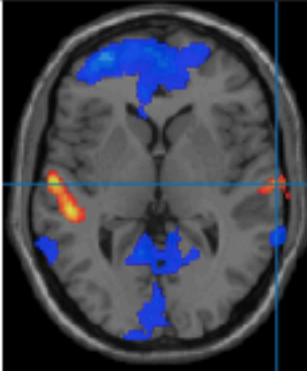
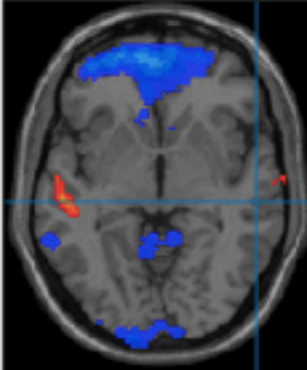
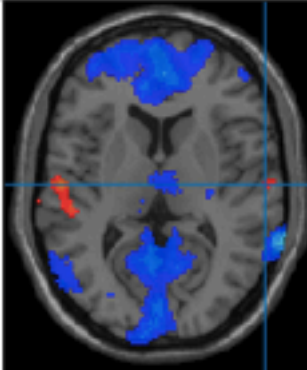
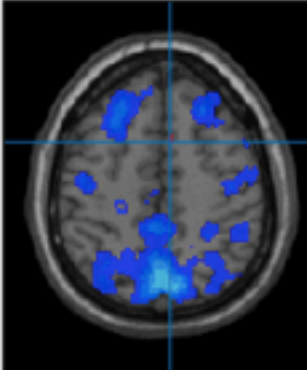
Intensidad y voxels coordenadas MNI

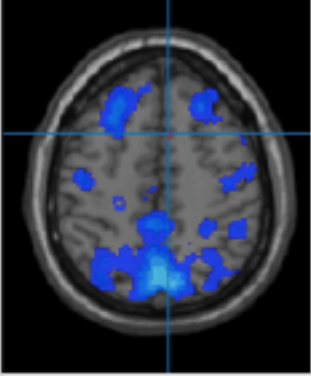
En las coordenadas MNI 64 4 -10, hay un pico de intensidad de 4.8825, con un total de 52 voxels, 43 del polo anterior, 15 BA 21.

Tabla 3.11

Estímulo B Músicos-No Músicos

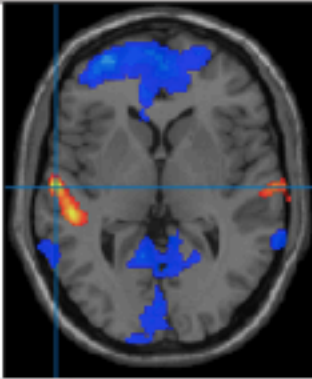
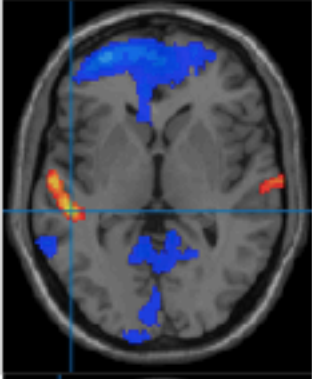
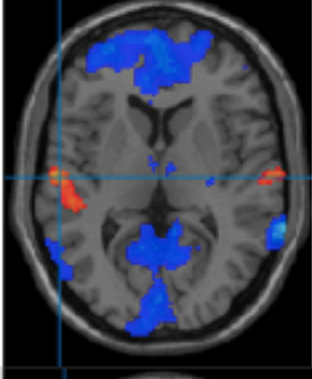
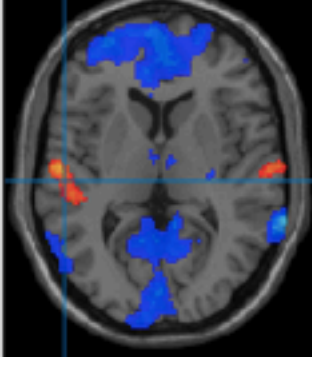
Threshold: 3.2 Valor T: 0.0001

Derecha					
x	y	z	AAL	Brodmann	
68	-15	2	Temporal_Sup_R	BA22_R	
56	-25	-4	Temporal_Mid_R	BA21_R	
61	-15	8	Temporal_Sup_R	BA48_R	
6	10	51	Supp_Motor_Area_R	BA6_R	

6	13	51	Supp_Motor_Area_R	BA32_R	
---	----	----	-------------------	--------	--

El lado izquierdo, se activa intensamente la región temporal media (coord. izq -60 -15 2 y -50 -31 0) También está fuertemente activada la región temporal superior, que aunque en una banda estrecha, sigue el sentido de los giros transversos, en el área auditiva primaria y secundaria (coord. izq -58 -16 6 y -55 -22 6 y -46 -32 6) El atlas de la MNI indica también una activación específica de las áreas de Heschl.

Tabla 3.12

Izquierda					
x	y	z	AAL	Brodmann	
-60	-15	2	Temporal_Mid_L	BA22_L	
-50	-31	0	Temporal_Mid_L	BA21_L	
-58	-16	6	Temporal_Sup_L	BA22_L	
-55	-22	6	Temporal_Sup_L	BA48_L	

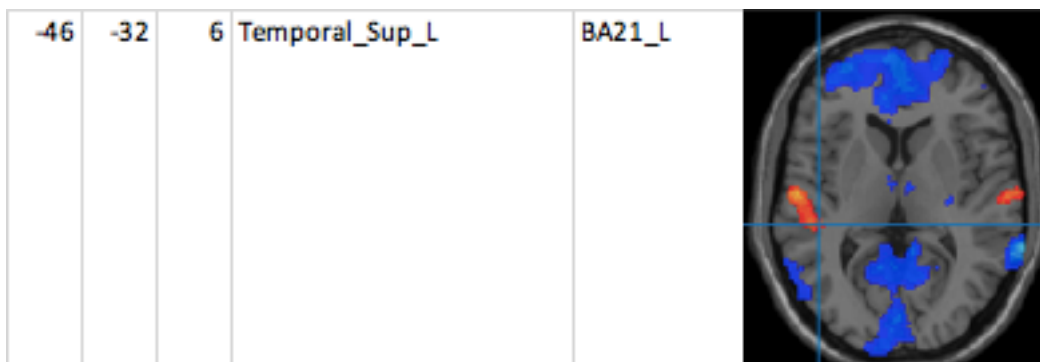


TABLA 3.13. ÁREAS DE BRODMANN ACTIVADAS EN LA ESCUCHA MUSICAL, Y COORDENADAS MNI DE LOS PUNTOS DE MAYOR INTENSIDAD.

Antiguas áreas de Brodmann	Anatomía descriptiva	Coordenadas MNI (x,y,z) (lado)	Aspectos funcionales
AB 2	Giro supramarginal	54,-30,35 (D)	Corteza somatosensitiva primaria
AB 3	Giro postcentral o parietal ascendente	-60,-11,44 (I)	Corteza somatosensitiva primaria
AB 4	Giro precentral	-58,-9,45 (I)	Area motora principal
AB 5	Parietal superior	16,-45,68 (D)	Corteza somatosensitiva secundaria o de asociación
AB 6	Área pre motora, motora suplementaria, o frontal supl . precentral	6,10,58 24,-6,59 52,-5,46	Corteza motora secundaria o asociativa
AB 7	Parietal, precuneus	-2,-78,44	Al igual que la 5, el área 7 forma parte de la corteza somatosensorial secundaria.
AB 10	Frontopolar	-2,69,5	está vinculada con procesos cognitivos muy complejos como la planeación, la introspección, la memoria retrospectiva y prospectiva, la disociación de la atención y resolución de problemas que implican tareas simultáneas.
AB 11	Giro recto, medial en cara orbitaria del LFrontal prolongado por Giro frontal superior	5,50,-11 (D)	
AB 17	Superficie medial del lob occ.	1,-98,-5	Corteza visual primaria, calcarina. La cuña (área de Brodmann 17) recibe información visual de la zona superior de la

			retina contralateral (del lado contrario) representando el campo visual inferior. Es más conocida por su implicación en el procesamiento visual básico.
AB 18 y 19	Superficie medial del lob occ.	1,-77,27 1,-79,39	Varias funciones visuales están atribuidas a las áreas 18 y 19 como detección de intensidad luminosa, detección de formas y patrones. Las 2 áreas están activadas simultáneamente lo que sugiere que participan en una red cerebral común.
AB 20	Circunvolución temporal inferior	58,-28,-9 63,-45,-16	Analiza los aspectos más complejos de la información de los sentidos, es decir, permite vincular la experimentación de sensaciones al pensamiento y al razonamiento.
AB 21	Temporal medial y sup. o polo temporal superior	54,-23,-4(D) 68,-10,-4(D)	
AB 22	Giro temporal superior, principalmente posterior, porción del a. de Wernicke del lado izquierdo.	68,-15,2	Del lado izquierdo, comprensión del lenguaje oral (a. de Wernicke), del lado derecho ayuda a la discriminación tonal* y de intensidad necesaria tanto en la percepción de la melodía como de la prosodia.
AB 23	Temporal medial Cíngulo med. post precuneus	-8,-45,35 (I) -2-35,30 (I)	
AB 24	Cíngulo med	5,23,35 (D)	
AB 25	Giro recto, frontal orbitario sup.		Situada cerca del cíngulo, en el área subgenual, se vincula al movimiento por debajo de la rodilla, al estado de ánimo, el apetito o el sueño. La parte más cercana al prefrontal se vincula a la autoestima.
AB 29 y 30	precuneus	7,-53,30	
AB 38	Polo temporal Giro temporal superior (T1) planum temporale ant.?	52,8,-12	lenguaje
AB 40	Pliegue curvo	48,-40,51	Las áreas 39 y 40 asocian la información visual, propioceptiva y táctil para consolidar conceptos de forma, tamaño y textura.

			Además, tienen que ver con la apreciación y consciencia de la imagen. Área temporal anterior. Interviene en el almacenamiento de experiencias sensitivas.
AB 41 y AB 42	Giro temporal posterior y superior Giro temporal superior que incluye el “ <i>planum temporale</i> ”	59,-32,18	En la circunvolución temporal superior se localiza la <u>corteza auditiva primaria</u> llamada A1. Aquí se organizan en la corteza auditiva, las neuronas, las columnas corticales y las redes neuronales. Es una corteza asociativa que presenta una organización tonotópica con la frecuencia baja en una distribución anterior. Aquí se realiza la secuenciación y segmentación de los fonemas y su coherencia.
AB 48	Temporal sup. Giro de Heschl Opérculo rolándico, lobulillo parietal inferior	55,0,3 (D) -55,-15,10 (I) 55,-50,12 (D)	Descrita por Brodmann pero no colocada en su cartografía.

*TONO MUSICAL o *pitch* en inglés se refiere a la posición del tono en una escala musical basada en la percepción de la frecuencia de la vibración sonora.

CAPÍTULO 6

DISCUSIÓN

a) FORTALEZAS DEL TRABAJO

Es un trabajo original, ya que se distingue de los trabajos anteriores por:

- 1.- La selección de de sujetos de estudio, en una escuela primaria y en un Conservatorio Nacional de Música
- 2.- La confrontación entre modos mayor y menor.
- 3.- La construcción de dos paradigmas, que nos permiten estudiar la música en modo mayor y menor.
- 4.- El análisis de las activaciones cerebrales, producidas en los dos modos y los dos niveles de conocimiento músico.
- 5.- Primer trabajo de este tipo en México y de los primeros en el mundo.

5.- Comparación con la literatura internacional.

b) DEBILIDADES DEL TRABAJO

1.- Muestra pequeña: se interrumpió el trabajo por contingencia sanitaria. Universo: 8 niños diestros, cuatro músicos y 4 no músicos. En algunos artículos mencionados se publican de uno a cuatro o cinco sujetos.

2.- Aún falta correlacionar las habilidades musicales y los gustos musicales con las áreas de mayor intensidad de activación. Con respecto al gusto musical, todos los niños dijeron disfrutar la música de Bach, más en el modo mayor y menos el menor.

3.- No hay una disponibilidad, en este momento, de los diversos medios electrónicos, para poder hacer las mediciones individuales que se requieren, a causa de la contingencia sanitaria por COVID 19.

c) INTERPRETACIÓN DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS Y PERSPECTIVAS

Discusión contra las referencias bibliográficas:

La anatomía funcional moderna se inicia en el siglo XIX, con los estudios de Broca ⁽¹¹⁾, entre otros muchos.

El estudio de las diversas partes del cerebro, que se ocupaban de una cosa u otra, ha sido largo y en un principio no existía más manera de estudiarlas que las autopsias y la relación clínico patológica, cuando se podía localizar un área específica del cerebro, dañada, que daba la connotación de un grado de funcionalidad.

Más tarde, Wernicke ⁽⁶⁷⁾ describiría el área de la comprensión del lenguaje, en la parte posterior del surco medial, principalmente en los giros angular y supramarginal.

Papez ⁽⁵⁴⁾, en 1936, había propuesto una anatomía para el cerebro emocional, mencionando los circuitos que después se confirmarían.

Más adelante se utilizaron los animales, con técnicas destructivas del cerebro, con lo cual se lograba definir la función que se había eliminado con ello; el trabajo paradigmático fue el de Klüber y Bucy ⁽³⁷⁾, en 1937, con macacos rhesus, Este trabajo confirma lo propuesto por Papez.

El inicio de la aproximación no destructiva hacia el cerebro, para la localización de áreas funcionales, se inicia con el advenimiento de los estudios de imagen en los cuales se podía visualizar el parenquima cerebral. De menor manera con la TAC y de forma ya bastante exacta con la PET y la IRM, y esta última con la técnica BOLD. Ésta es una técnica estandarizada que utiliza imágenes de IRM en los estudios de resonancia magnética funcional (fMRI, por sus siglas en inglés), que se basa en las diferencias regionales del flujo sanguíneo cerebral, para delimitar las áreas de activación ^(18, 28,50).

Desde fines del siglo XX hasta los inicios de este XXI, se ha ido conformando una idea sobre las áreas cerebrales en relación con la música.

Gordon ⁽²⁵⁾, en los años 70 del siglo XX, encontró que la instilación carotídea de amobarbital, del lado derecho, además de la hemiplegia transitoria producía alteraciones de la percepción musical, en las cuales se afectaba el tono, el ritmo y la música se volvía monotonal, lo que ponía en relación al cerebro derecho con la música.

Bever y Chiarello ⁽⁸⁾, desde 1974, ya mencionaban dominancia cerebral. Para el músico experimentado, la percepción de la música era mejor, cuando ésta se escuchaba del lado derecho, hemisferio izquierdo. La percepción por el oído izquierdo, hemisferio derecho, era menor. En tanto que para el músico poco

experimentado, era a la inversa, esto sería constatado en trabajos posteriores (Tervaniemi 1999).

Zatorre ⁽⁶⁹⁾, en 1994, afirmó en un estudio de PET, que la percepción de la música, tono y memoria tonal, se percibían mayoritariamente en el hemisferio derecho, sobre todo en las áreas temporal superior, en la corteza occipital y en el lóbulo frontal.

Onishi ⁽⁵¹⁾ en 2001, realizó un estudio para determinar las áreas corticales de recepción de los estímulos musicales, en un trabajo con IRM funcional, en músicos y no músicos. Se encontró que en el músico había una gran captación del estímulo musical pasivo, que escuchaban durante el estudio, a nivel de la corteza auditiva, primaria y secundaria, en el temporal izquierdo, pero también había una buena captación en el temporal derecho del lado izquierdo, además se iluminó una zona prefrontal, correspondiente a las áreas motoras secundarias, por atrás del segundo giro frontal y por arriba del pie del tercer giro frontal. En los no músicos hubo una dominancia derecha, en el área auditiva y no hubo en el área prefrontal izquierda. Ohnishi afirma que es posible que la activación, en el área izquierda de Wernicke, está con relación a la comprensión del lenguaje musical, de manera objetiva, que el músico profesional suele tener. Este autor concluye que la aparición de áreas prefrontales dorsolaterales posteriores y el plano temporal izquierdo, está con relación al oído absoluto. El flujo sanguíneo fue mayor en el hemisferio izquierdo, en los músicos, en tanto que en los no músicos fue en el derecho Griffith ⁽²⁸⁾, en el 2001, en estudios de IRMf, afirmó la importancia de las estructuras, desde el oído interno, el resto de áreas del tallo cerebral, el tálamo y las zonas auditivas, en el procesamiento del tono. Desde entonces la presencia de la IRMf ha sido de gran

ayuda para el conocimiento no invasivo de la anatomía cerebral, incluso en estudios animales (28,50).

De acuerdo con los descubrimientos de Koelshl et al.(35), el entrenamiento musical, en niños como en adultos, está relacionado con importante activación en los opérculos frontales y los giros temporales, pero aunque encontraron estos hallazgos más marcados en adultos nuestra serie revela consistentemente las mismas activaciones pero más marcadas en niños entrenados y del lado izquierdo con un estímulo en modo menor. La lateralidad hemisférica ha sido frecuentemente discutida y si encontramos hallazgos semejantes a los nuestros, hay opiniones sobre la predominancia total del cerebro derecho (6,8,24,25,30,35,51,55,69)

Con el desarrollo de la producción de imágenes cerebrales, por resonancia magnética en la década de los 90, fue posible visualizar los cerebros de los músicos. Utilizando la morfometría con resonancia magnética, Gottfried Schlaug y sus colegas de Harvard, llevaron a cabo unas meticulosas comparaciones de los tamaños de diversas estructuras cerebrales, que intervenían en la apreciación de la música. En 1995 publicaron un ensayo en el que mostraban que los cuerpos callosos, la gran comisura que conecta los dos hemisferios cerebrales es más grande en los músicos profesionales, y que una parte de la corteza auditiva, en el lóbulo temporal, posee un ensanchamiento asimétrico en los músicos que tienen tono absoluto. Mostraron además un volumen superior de materia gris en las zonas motoras, auditivas y visuo-espaciales de la corteza, así como el cerebelo.(24).

Además, hay los antecedentes de Tervaniemi, Zatorre y Halpern (30,65,69), quienes desde el 1992 al 2000, pusieron de manifiesto las áreas corticales en relación con la música, que se distinguen tanto en estudios de magnetoencefalografía como en

la PET. Mientras Tervaniemi afirmaba la predominancia del hemisferio izquierdo, también había una representación en el derecho, en la percepción de acordes y fonemas. Halpern y Zatorre en 1999, en estudios de PET, afirmaron que era la corteza auditiva derecha la que se activaba con la reproducción de una melodía familiar.

Varios estudios demuestran que los músicos utilizan ambos hemisferios cerebrales, precisamente ambas áreas auditivas, definitivamente más que el individuo promedio, puesto que requieren destrezas analíticas (h. izquierdo) como creativas del lado der. El hemisferio izquierdo, generalmente dominante, se encarga de controlar el lenguaje, los golpes de arco del violinista, asegura la posición de cada una de las notas de la partitura con el ritmo correcto y es responsable de la memorización. El hemisferio derecho, por su parte, es el encargado de aportar el estilo, las emociones y el significado de la música interpretada, dando así el sentido a la obra ^(8,2,35).

La educación musical tiende a enfatizar las funciones lógicas y analíticas más que las emocionales. Un ejemplo de esto son los métodos de violín de Ivan Galamian y Carl Flesch, basados principalmente en el entrenamiento de los movimientos musculares y haciendo hincapié en la disciplina y la precisión necesaria a la hora de tocar música. Estos autores dicen que el sistema educativo en general prioriza el pensamiento lógico y racional ⁽⁶⁵⁾. Estos fueron los trabajos del estudio de la lateralización cerebral, con respecto a la música.

En este trabajo se confirma una lateralización innegable para la activación cerebral en el grupo de los niños no músicos, en donde ésta es predominante en el temporal derecho. En los músicos también se activa más el temporal derecho, pero con

menor intensidad que en el niño no músico; la excepción es, en la resta de músicos menos no músicos, la activación en el estímulo A es bitemporal y simétrica, en ambas regiones temporales y en el estímulo B es francamente predominante en el temporal izquierdo, giros de Heschl. Estos resultados están de acuerdo en los estudios hechos por Gasser y cols, quienes demostraron el aumento de volumen cortical en el giro de Heschl izquierdo en músicos profesionales, en menor grado en músicos amateurs y un volumen más bajo en no músicos ⁽²⁴⁾.

Pensamos que el niño músico concentra su actividad cerebral en ambos lóbulos temporales, para guardar disponibles el resto de áreas cerebrales para lo que se requiera en la interpretación y análisis de las piezas musicales; estas áreas están en descanso; es decir el niño músico está más concentrado en ambos lóbulos temporales (ver imágenes del trabajo) ⁽⁸⁾.

Dentro del grupo de los niños músicos encontramos una activación de dos áreas precentrales: en el giro frontal interno, cara medial, área 32 B y en la convexidad, a nivel del primer giro frontal, el área 6 B. La corteza prefrontal se ha visto activada en algunos trabajos consultados (28 BIS, 44, 57 BIS)

Ligeois-Chauvel ⁽⁴⁰⁾, en un trabajo con pacientes operados de resecciones del lóbulo temporal, encontró que: cuando había resección de la corteza temporal derecha, había deterioro del contorno y el intervalo, en la discriminación de las melodías, en tanto que cuando la resección era del lado izquierdo, únicamente se deterioraba la información sobre el intervalo.

Al mismo tiempo, Saffran ⁽⁶⁰⁾, en el 2000, comprobó que existe una memoria tardía especial para la música, con la cual se condicionó a niños, para los cuales había más preferencia que la música recientemente escuchada.

Se tienen los estudios pioneros de Blood y Zatorre ⁽⁹⁾ desde el 2001 con una tomografía por emisión de positrones, en donde estudia la emoción que produce la música, específicamente cuando ésta pone la “*carne de gallina* y escalofríos de placer, en la espalda”. Estos autores concluyen que las zonas del cerebro que se iluminan en la tomografía por emisión de positrones son: las zonas de recompensa y motivación, emoción y motivación sexual, que incluirían el estriado ventral, el cerebro medio, la amígdala del estriado, la corteza orbitofrontal y la prefrontal medial. Estos autores afirman que estas estructuras son las mismas que se manifiestan con estímulos de recompensa, como comida, sexo y abuso de drogas. Estos autores informan sobre El patrón de actividad observado en este trabajo cuando la música que provoca escalofríos de placer en la espalda, es similar a la que se observó en otros estudios de imágenes de cerebro de euforia y/o emoción agradable ^(9,36,44,46). Por ejemplo, actividad en Nac (núcleo accumbens septi y pálido ventral), VTA, (área tegmental, ventral, tálamo, ínsula), y AC (corteza cingular anterior), se ha reportado un incremento en la amígdala izquierda y VMPC (hipotálamo y áreas del cerebro medio dorsal) una disminución, en respuesta a la administración de cocaína en sujetos dependientes a la cocaína ^(7,36). Además estudios en animales muestran una participación del cuerpo estriado ventral (Nac, en particular) varias áreas del cerebro medio (VTA, sustancia gris periacueductal PAG) y PPT (núcleo pedúnculo pontino tegmental), amígdala, hipocampo y corteza prefrontal media, en los circuitos subyacentes de los procesos de recompensa, incluyendo impacto hedónico, recompensa de aprendizaje y motivación ^(7,8,9,15,36,44,46) la actividad en esas regiones en relación a los procesos de recompensa se sabe que involucra los sistemas de dopamina y opio, tanto como

otros neurotransmisores. En resumen, las estructuras que se localizaron, con la música, en áreas receptoras de placer fueron: el estriado ventral, las áreas del cerebro medio, septales, preópticas e hipotalámicas, la amígdala, la corteza orbitofrontal, cíngulo y corticales ventrales prefrontales [\(36,46,63\)](#).

En este estudio, para el grupo no músico, en ambos estímulos A y B, se activaron zonas límbicas. En efecto, se activan el giro del cíngulo, en su parte posterior, así como el istmo. También las regiones frontoorbitarias, parte anterior del giro recto, bilateral, así como áreas septales bilaterales y ambas cabezas del núcleo caudado. Especialmente, y en los dos modos de estímulo, mayor y menor, se activa la región frontopolar izquierda, así como la cara medial de las áreas parieto occipitales bilaterales, en los dos modos de estímulo. Sin embargo, en el estímulo B, la activación es mayor, y el área frontopolar activada es bilateral, más del lado izquierdo. En este mismo estímulo B, se encuentra la activación, además de todo lo dicho, de los cuerpos y columnas del los fornices. Las áreas parieto occipitales, tanto en la convexidad, como mediales, están más activadas que en el estímulo A. Algunas publicaciones informan de la activación de estas áreas [\(7,9,36,38,46,44,52,53,63\)](#).

Otro hallazgo es en el grupo de los no músicos, en donde se activa, predominantemente, el primer giro temporal derecho, sobre todo a nivel de su corteza superior, que llega a doblar el tamaño la intensidad del primer giro temporal izquierdo, así como áreas límbicas, cerebelo, áreas parietooccipitales mediales, cíngulo posterior, regiones frontorbitarias y temporobasales, así como áreas olfatorias, septales y frontoorbitarias, con predominancia del lado izquierdo. La activación del cerebelo ha sido cotada en algunas publicaciones [\(24,55\)](#).

Münste y Altenmüller ⁽⁴⁶⁾, en 2002, en una revisión sobre plasticidad cerebral, afirma que en los que han estudiado música, es la región media del *planum temporale* izquierdo es más grande en los músicos, que en los no músicos.

Lo cual se encontró en este trabajo, en los niños músicos, en donde la activación avanza hacia atrás, sobre la cara superior del primer giro temporal. Se nota de manera clara en las incidencias axiales.

Patterson ⁽⁵⁶⁾, en el 2002, en estudios de IRMf, afirma que hay una jerarquía de procesamiento de la audición, tanto en y para el ruido como para un tono fijo, siendo mayor la activación cuando se trata del tono y que se encontrará en la parte anterior de las áreas auditivas primarias, giros Heschl, y en el *planum temporale*, y nota una asimetría, con predominio del área auditiva derecha, cuando el estímulo fue una melodía.

Andrade ⁽²⁾, en el 2003, realiza un interesante y completo análisis de las publicaciones que tienen relación con las áreas cerebrales receptoras de música y hace hincapié en que son las estructuras del sistema límbico, estructuras paralímbicas las llama, las que se encargan de sentir el placer en la música.

En cuanto a las áreas cerebrales activadas en los no músicos, ya Zatorre y Evans ⁽⁶⁹⁾, desde el 1994 habían afirmado esto mismo, es decir la activación del temporal derecho, predominantemente, además de una zona prefrontal, también derecha.

También en el 2001 se realizaron interesantes trabajos sobre la música y su representación cerebral, por Parsons ⁽⁵⁵⁾. Este autor, también con estudios de PET, detectó una activación neural primaria, con Bach, *Concierto Italiano para Teclado*, y escalas de práctica, de las áreas anteriores auditivas secundarias de asociación; las 20, 21 y 22 de Brodmann. Sobre todo, en la interpretación de Bach, se estimuló

el lóbulo temporal, más que en la interpretación de las escalas. En la presentación de escalas se activaron las áreas bilaterales media temporal, más en la parte izquierda que derecha. Por contraste, la estimulación con la música de Bach puso de relieve el área superior, media e inferior temporal bilateral, más en la derecha que en la izquierda.

En particular, con los niños, hubo las iniciativas de Bever, Chiarelo y Kellar en 1974, que al parecer no se pudieron realizar.

Bever y Chiarello ⁽⁸⁾ afirman en 2009, inspirados en trabajos hechos por ellos en 1974, estudio de tipo psicológico y musicológico, que la activación más fuerte se da en el hemisferio derecho, oído izquierdo, en los musicalmente menos educados, a la escucha de Bach, y para los músicos más experimentados, con el mismo estímulo, fue el oído derecho y el hemisferio izquierdo los dominantes. lo que es consistente con resultados neurofisiológicos y de neuroimagen, los resultados indican que en las áreas de la corteza auditiva derecha de asociación está la recepción y expresión de la melodía. En resumen, el hemisferio izquierdo se especializa en el análisis íntimo del estímulo musical y el derecho se encarga del placer de la música.

Los estudios comparativos sobre áreas cerebrales con relación a la música, tanto en individuos con educación musical profesional como en otros con menos educación, han sido emprendidos además de por Bever, Chiarello, por Parsons y Gordon ^(8,25,55). Mientras los dos primeros nos afirman que el hemisferio izquierdo es el encargado del habla, del análisis, la organización, lo propositivo, las matemáticas, el derecho es el hemisferio de las relaciones sintéticas, el arte y de la percepción de las profundidades, en la vista. Llegan a la conclusión de que los músicos

experimentados tienen una mejor percepción en oído derecho y el hemisferio izquierdo, mientras que los menos experimentados tenían una mejor percepción por el oído izquierdo y el hemisferio derecho. Parsons ⁽⁵⁵⁾ en un estudio de PET, con música de Bach, a su vez, afirma que las áreas que intervienen en la percepción musical, de los que tienen educación musical contra los que la tienen menos o no tienen, son diferentes. Para los músicos experimentados, directores de orquesta, para la melodía se activaban ambas regiones temporales, en tanto que para la armonía y el ritmo, tuvieron un disparador notable en el hemisferio izquierdo. Los giros fusiformes también se encontraron activados, ambos para la totalidad de los componentes de la música. Sin embargo, el giro fusiforme derecho guarda relación con notas y frases musicales. Encontró actividad, también a nivel del cerebelo. En este trabajo parece confirmarse lo dicho por Parsons.

Gordon ⁽²⁵⁾ afirma también la preponderancia del hemisferio derecho para el reconocimiento de los acordes.

Ducreux ⁽¹⁸⁾ en Francia en 2003, realizó un estudio con efecto BOLD, con un paradigma especial, en donde se logró localizar las zonas del cerebro que se activan con la música, en sujetos normales, nueve voluntarios, con una edad media de 27 años. Se recolectaron memorias de trabajo musicales y/o líricas, encontrando que: todos, excepto un sujeto, tuvieron activación de las áreas auditivas primarias y secundarias en el lóbulo temporal, en los giros de Heschl y la cara opercular, superior, del primer giro temporal, unilateral, en dos o bilateral en 6, durante las tareas de memoria. La mejoría de la percepción musical fue observada en 4 sujetos, cuando las tareas líricas fueron elaboradas, lo cual muestra los beneficios que se

pueden obtener de la música como tratamiento. Las regiones temporal e insular, en relación a los procesos del lenguaje, fueron cotados en ocho sujetos.

Koelsch ⁽³⁶⁾, en 2006, presenta un estudio que se titula *Investigando la emoción con música y un estudio MRIf* y mencionan que se utilizó el placer y no placer musical para evocar y MRIf para determinar las correlaciones neuronales en el proceso de la emoción; para el no placer utilizaron música completamente disonante o atonal, y para las zonas de placer utilizaron música tonal.

Música no agradable; se activaron la amígdala, hipocampo, giro parahipocámpico, y polos temporales, La música agradable activó al giro frontal inferior, tercer giro frontal (IFG) área de Brodmann BA 44, así como las BA 45 y BA 46, la ínsula superior anterior, el estriado ventral y el giro de Heschl y el opérculo rolándico. Las activaciones del IFG, parecen reflejar procesos de sintaxis o de análisis musical y operaciones de la memoria del trabajo. Las activaciones de las áreas del opérculo rolándico, reflejan, probablemente, la activación de los mecanismos de las funciones espejo durante la percepción de los tonos de placer.

En nuestros sujetos de estudio podemos ver, sobre todo en las imágenes de la cara dorsomedial de los hemisferios, inferior del cerebelo y anterior y laterales del tallo cerebral, la activación del tercer giro frontal en el hemisferio derecho, estímulo A, en el grupo de los niños músicos y también en el grupo de los no músicos se activó un poco, menos que el grupo músicos. En el estímulo B en los músicos, hubo también una discreta activación en el tercer giro frontal derecho, menos que en el estímulo A. En los no músicos, también hay una discreta activación del tercer giro frontal, para este estímulo B, bilateral y en la parte superior de la pars opercular.

Angulo-Perkins ⁽⁴⁾ en el 2014, en estudios de IRMf con BOLD, encuentran una actividad preferencial en la porción anterior del giro temporal superior, en respuesta a los estímulos musicales, violín, piano y piano eléctrico. La principal diferencia en los músicos, comparados con los no músicos, durante la tarea de escucha provoca una activación bilateral del planum polare, ésta es más frecuente en los músicos entrenados.

En cuanto a la música tonal y atonal, desde 1993, Zetner y Kagan ⁽³⁵⁾ afirman que la percepción de los dos tipos de música está a debate y que toma relieve por la dificultad que ha encontrado la música atonal para ser apreciada en Occidente. Se aduce que la preparación de los niños juega un rol especial para poder apreciar una u otra música.

Guerrero y colaboradores ⁽²⁹⁾ han puesto de relieve la activación de zonas especiales para niños, ciegos y no ciegos, con música tonal y atonal. En las imágenes que se presentan, cortes sagitales, sin especificar el lado, se concluye que en los ciegos hay activación del área de Wernike, así como la corteza prefrontal anterior, el opérculo rolándico y temporal anterior, para los estímulos musicales tonales. Para el grupo control, de niños no ciegos, las áreas que se estimularon fueron, con el mismo estímulo tonal, la corteza auditiva y el área de Wernike, así como la parte dorsal posterior del giro del cíngulo. Para los estímulos atonales; en los ciegos se activó más el giro fusiforme y la parte media del cerebelo: para los controles, las áreas activadas fueron la precentral, así como las áreas cerebelosas superficiales, anterior y posterior. La conectividad también varió si se trataba del grupo de ciegos o del control.

CONCLUSIONES

Niños músicos

1. El cerebro de los niños músicos es bitemporal, primer giro temporal, en los dos modos musicales de activación del cerebro, discretamente superior del lado derecho (lado derecho 16.54 de intensidad de pico (Ip) en temporal superior derecho vs 14.24 (Ip) en temporal superior izquierdo).
2. En la resta, músicos menos no músicos, para el modo mayor son iguales las activaciones del primer giro temporal, en las áreas auditivas y para el modo menor predomina la parte central posterior de éstas áreas en el lado izquierdo, siendo apenas perceptible en el lado derecho. Estos hallazgos son probablemente los más importantes de esta tesis.
3. La activación de otras zonas es pequeña: se ven las áreas prefrontales, secundarias del movimiento, sobre todo a niveles medios, superiores y mediales del hemisferio.

Niños no músicos

1. El cerebro de los niños no músicos es temporal derecho, en todos los casos.
2. Se activan (A) también los lóbulos parietal y occipital, el lóbulo cuadrilátero con una intensidad semejante a la del L temporal derecho, primer giro parte media. También las regiones polares occipitales bilaterales, con predominancia del izquierdo.
3. Hay A de regiones prefrontales y precentrales, bilaterales, predominando del lado izquierdo.
4. A del cerebelo, bilateral, predominando del lado izquierdo.
5. A de áreas septales y olfatorias.
6. A de cabezas de núcleos caudados y ambos fornices; estos últimos en sus cuerpos y pilares anteriores
7. Activación de áreas límbicas: parte posterior del giro del cíngulo e istmo.

En cuanto a las hipótesis:

H1: Se confirma ampliamente la hipótesis 1.

H2: El tono menor activa el área auditiva primaria del hemisferio izquierdo en niños músicos; nuestra hipótesis se comprobó.

H3: Más áreas límbicas se activan en los no músicos, por lo que se rechaza la hipótesis 3.

REFERENCIAS

1** Augustin, Saint. Oeuvres, I. Les Confessions-Dialogues philosophiques: La musique. NRF, La Pleiade, 1998, pp1568.

2** Andrade PE, Bhattacharya J. Brain tuned to music. Journal of the Royal Society of Medicine, 2003;96:284-287.

3** Andy OJ, Stephan H. The septum in the human brain. J Compt Neurol. 133(3):383-410; 1968.

4** Angulo-Perkins A, Aube W, Peretz I, Barrios FA, Armony JL, Concha L. Music listening engages specific cortical regions within the temporal lobes: Differences between musicians and non-musicians. ScienceDirect, 2014:126-137.

5** Akabayashy A, Wahlestedt C, Alexander JT, Leibowitz SF: Specific inhibition of endogenous neuropeptide Y synthesis in arcuate nucleus by antisense oligonucleotides suppresses feeding behaviour and insulin secretion. Mol.Brain Res. 21:55-61, 1994.

6** Baeck E. The neural network of music. European journal of Neurology. Volume 9, issue 5. <https://doi.org/10.1046/j.1468-1331.2002.00439.x>, 2002.

7** Beaudoin III GMJ, Gómez JA, Perkins J, Bland JL, Petko AK, Paladine CA. Cocaine Selectively Reorganizes Excitatory Inputs to Substantia Nigra Pars Compacta Dopamine Neurons. *The Journal of Neuroscience*. 38(5):1151–1159 • 1151, 2018

8** Bever TG, Chiarello RJ. Cerebral Dominance in musicians and Nonmusicians. *Neuropsychiatry Classic*; 1974;21:94–97.

9** Blood AJ, Zatorre RJ. Intensively pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *PNAS* 2001;98:11818-23

10** Boecio. *Sobre el fundamento de la música*. Biblioteca Clásica Gredos, Madrid 2009, pp 392.

11** Broca, Paul. Perte de la parole, ramollissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche. *Bulletin de la Société d'Anthropologie* 1861;2: 235–38.

12** Broca P. Anatomie comparée des circonvolutions cérébrales: Le grand lobe limbique et la scissure limbique dans la serie des mammiferes. *Rev.Anthrop.* 1:385-498, 1878.

13** Carpenter MB, Sutin J. *Human Neuroanatomy*. Eighth ed. Willinams & Wilkins, Baltimore, 1983.

14** Chico-Ponce de León F. Diego Valadés: el funcionamiento del cerebro a las luces de la dictrina cavitaria. Primera imagen hecha por un americano. "Rethorica Christiana". Roma-Perusa 1579. Salud Mental, 1999;22:29-36

15** Clark, WEG, Beattie J, Riddoch, Dott NM. The hypothalamus: Morphological, Functional, Clinical and Surgical Aspects. Ed. Published for the William Ramsay Henderson. Oliver and Boyd, Edinburgh, 1938.

16** Clarke A, Dewhurst K. Histoire illustrée de la Fonction Cérébrale. Les Editions Roger Dacosta. Paris, 1957.

17** Davis M. The role of the amygdala in fear and anxiety. Annu.Rev.Neurosci. 15:353-375, 1992.

18** Ducreux D, Marsot-Dupunch K, Lasjaunias P, Oppenheim C, Fredy D. Lyrical and musical auditive mental imagery in funtional MRI. J Neuroradiol 2003;1:18-24.

19** Duvernoy HM. The Human Brain. Springer-Verlag, Wien, 1991.

20** Duvernoy HM. The Human Hippocampus. Springer, Berlin, 1998.

21** Enciclopedia de la música. Cuatro Tomos. Salvat, Barcelona, 1967.

22** Enciclopedia Espasa Calpe, José Espasa e Hijos, 70 tomos, Editores, Madrid 1908-1933.

23** England MA. Gran Atlas de la vida antes de nacer. Editorial Océano/Centrum, Barcelona, 1984.

24** Gaser C, y Gottfried S. Brain structures differ between musicians and non-musicians. Journal of Neurosciencie, 2003;23:9240-9245.

25** Gordon H. W., Bogen J.E. Hemispheric lateralization of singing after intracarotid sodium amylobarbitone. Journal of Neurology, Neurosurgery, and psychiatry, 1974;37:727-738

26** Gembero-Ustarroz M, Ros-Fabregas E. La música y el Atlántico. Relaciones musicales entre España y Latinoamérica. Boletín Música Casa de las Américas 2002;9:25-49.

27** Goldberg E. The executive brain. Frontal lobes and the civilized mind. Oxford University Press, Oxford- New York, 2001.

28** Griffiths TD, Uppenkamp S, Jonsrudel I, Josephs O, Patterson RD. Encoding of the temporal regularity of sound in the human brainstem. Nat Neurosci, 2001;4:633-637.

29** Guerrero-Arenas C, Hidalgo-Tobón SS, Dies-Suarez P, Barragan-Perez E, Castro-Sierra E, Garcia J, Celis Alonso B. Strategies for tonal and atonal musical interpretation in blind and normally sighted children: an fMRI study. *Brain and Behavior*, 2016,doi: 10.1002/brb3.450 (1 of 11).

30** Halpern AR, Zatorre RJ. When that tune runs through your head: a PET investigation of auditory imagery for familiar melodies. *Cereb Cortex*, 1999;9:697-704.

31** Harris R, de Jong BM. Differential parietal and temporal contribution to music perception in improvising and score-dependents musicians, an fMRI study. *Brain Research*. 2015;1624;253-264.

32** Isaacson RL. *The Limbic System*. Plenum Press, New-York, 1974.

33** Isidoro, de Sevilla san. *Etimologías*, Biblioteca de Autores Católicos, Madrid, 2004, pp 1480.

34** Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. *Neurociencia y Conducta*. Prentice Hall, Madrid, 1997.

35** Koelsch S, Fritz T, Schulze K, Alsop D, Schlaug G. Adults and children processing music: An fMRI study. *NeuroImage* 2005;25: 1068– 1076.

36** Koelsch S, Fritz T, Cramon YV, Müller K, Friederici A. Investigating Emotion With Music: An fMRI Study *Human Brain Mapping* 2006;27:239–250

37** Kluver H, Bucy PC. Psychic blindness and other symptoms following bilateral temporal lobectomy in rhesus monkeys. *Am J Physiol* 1937;119:352-3

38** Klüver H, Bucy PC. Preliminary analysis of functions of the temporal lobes in monkeys. *Arch.Neurol. Psyciat.* 42:979-1000, 1939.

39** Kupfermann I. Learning and Memory. In A Krockard, R Hayward, JT Hoff, L Symon (ed): *Neurosurgery, the scientific basis of clinical practice*. Boston Blackwell Scientific Publications, Cambridge, 1992.

40** Ligeois-Chauvel C, Peretz I, Babai M, Laguitton VChauvel P. Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. *Brain*, 1998;121:1853-7.

41** López-Antunez, L. *Anatomía funcional del sistema nervioso*. Editorial Limusa. México 1986.

42** MacLean PD. The limbic System Concept. In MR Trimble, TG Bolwig, (ed.): *The Temporal Lobes and the Limbic Sistem*. Wrightson Biomedical Publishing LTD, Petersfield, UK, 1992.

43** Macrobio. Comentario al Sueño de Escipión de Cicerón. Madrid: Gredos 2006, pp 23.

44** Magoun HW. El cerebro despierto. La Prensa Médica Mexicana, México 1980.

45** Márquez-Orozco MC. Bases morfológicas y fisiológicas del desarrollo del Sistema Nervioso. In. Ontogenia Neural. Edición de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas y Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1991.

46** Munte TF, Altenmüller E, Jancke L. The musician's brain as a model of neuroplasticity. Nature Reviews Neurociences 2002;3:473-479.

47** Netter FH. The Ciba Collection of Medical Illustrations, Volume I, Nervous System, Part I, Anatomy and Physiology. Ciba-Geigy, New-Yersey, 1991.

48** Nguyen JP, Keravel Y, Poirier J. Vues anatomiques commentées du rinencéphale. Enciclopedia Medico Chirurgical. Doi: 10.1016/S0000-0000(9)55528-3

49** Nieuwenhuys R, Voogd J, Huijzen CV. The Human Central Nervous System. Springer-Verlag, Berlin 1981.

50** Ogawa S, Menon RS, Tank DW, Kim S-G, Merkle H, Ellermann JM, Ugurbil K. Functional brain mapping by blood oxygenation level dependent contrast magnetic

resonance imaging. *Biophys. J.* 1993; **64**: 803–812.

51** Ohnishi T, Matsuda H, Asada T, Aruga M, Hirakata M, Nishikawa M, Katoh A, Imabayashi E. Functional Anatomy of Musical Perception in Musicians, *Cerebral Cortex* 2001;11:754-760.

52** Olds J, Milner P. Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and others regions of rat brain. *J.Comp.Physiol.Psychol.*, 47:419-427, 1954.

53** Olds J. Self-stimulation of the brain. *Science*, 127:315-324, 1958.

54** Papez, W. Proposed Mechanism of Emotion. *Comparative Neurology "A". Archives of Neurology and Psychiatry* 1936;64: 41–61.

55** Parsons LM. Exploring the Functional Neuroanatomy of Music Performance, Perception, and Comprehension, University of Texas Health Science Center at San Antonio, Texas 78284-6240 USA, 2001;p211 a 228.

56** Patterson Rd, Upperkamp S, Johnsrude IS, Griffiths TD. The processing of temporal pitch and melody in auditory cortex. *Neuron*, 2002;36:767-776.

57** Portman SM, Levin HS. Emotional and Behavioral Sequelae of Neurologic Disorders. In A Krockard, R Hayward, JT Hoff, L Symon (ed): *Neurosurgery, the scientific basis of clinical practice*. Boston Blackwell Scientific Publications, Cambridge, 1992

58** Post RM, Weis SRB, Ketter TA, George MS, Clark M, Rosen J. The Temporal Lobe and Affective Disorders. In MR Trimble, TG Bolwig, (ed.): The Temporal Lobes and the Limbic System. Wrightson Biomedical Publishing LTD, Petersfield, UK, 1992.

59** Ranson SW. The Hypothalamus: its significance for visceral innervation and emotional expression. *Trans.Coll.Physicians Phila.* [Ser. 4] 2:222.242, 1934.

60** Saffran RS, Loman MM, Robertson RW. Infant memory for musical experiences J. R. Saffran et al. *Cognition*, 2000;77:B15-B23.

61** Shock, Steffany Ann, "Violin pedagogy through time: The treatises of Leopold Mozart, Carl Flesch, and Ivan Galamian" (2014). *Dissertations, 2014-2019*. 92.

62** Srinivasan N, Helekar SA. Differential activation and functional plasticity of multimodal areas associated with acquired musical skill. *Neuroscience* 2020;446:294-304.

63** Tabei K. Inferior frontal gyrus activation underlies the perception of emotions, while precuneus activation underlies the feeling of emotions during music listening. *Behavioural Neurology*. 2015, <http://doi.org/10.1155/2015/529043>.

64** Tillmann B, Janata P, Bharucha JJ. Activation of the inferior frontal cortex in musical priming. *Cognitive Brain research*. 2003;16:145-165.

65** Tervaniemi M, Kujala A, Alho K, Virtanen J, Ilmoniemi RJ, Näätänen R. Functional Specialization of the human auditory cortex in processing Phonetic and Musical Sounds: a Magnetoencephalographic (MEG) study. *NeuroImage*, 1999;9:330–336.

66** Ursin H, Kaada BR. Functional localization within the amygdaloid complex in the cat. *Electroencefalog. & Clin. Neurophysiol.*, 12:1-20, 1960. (AMIGDALA)

67** Wernicke, K. *Der aphasische Symptomencomplex. Eine psychologische Studie auf anatomischer Basis.* Breslau, Cohn und Weigert, 1874.

68** Wieser HG. Behavioural Consequences of Temporal Lobe. In MR Trimble, TG Bolwig, (ed.): *The Temporal Lobes and the Limbic System.* Wrightson Biomedical Publishing LTD, Petersfield, UK, 1992.

69** Zatorre RJ, Evans AC, Meyer E. Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *The journal of neuroscience* 1994;14:1908-1919.

70** Zentner MR, Kagan J. Perception of music by infants. *Nature* 1996;383:29.