

# La pionera aportación de Justo Gonzalo al estudio de la organización funcional del cerebro

A. García-Molina<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Institut Guttmann, Institut Universitari de Neurorehabilitació adscrit a la UAB, Badalona, España.

<sup>2</sup>Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España.

<sup>3</sup>Fundació Institut d'Investigació en Ciències de la Salut Germans Trias i Pujol, Badalona, España.

## RESUMEN

La organización funcional del cerebro ha sido objeto de estudio durante largo tiempo; desde Gall, pasando por Flourens, Broca, Goltz, Kleist o Lashley, han sido muchos los investigadores que han abordado este complejo problema. En España, Justo Gonzalo Rodríguez-Leal (1910-1986) planteará una singular teoría sobre la estructuración funcional de la corteza cerebral. Esta teoría la expuso y desarrolló en su obra *Investigaciones sobre la nueva dinámica cerebral. La actividad cerebral en función de las condiciones dinámicas de la excitabilidad nerviosa*. Esta excepcional aportación no tendrá la repercusión merecida, siendo su contribución olvidada durante largo tiempo. En 1939, Justo Gonzalo establece lo que denomina 'fenómenos de acción dinámica', punto de partida de su teoría sobre la dinámica cerebral. Le seguirán los dos principios de la dinámica cerebral: repercusión cerebral de la lesión según magnitud y posición (1941) y organización sensorial según el desarrollo espiral (1947). Posteriormente, en la década de 1950, desarrollará los conceptos de gradiente cerebral, similitud y alometría. El propósito del artículo es sintetizar las aportaciones realizadas por este olvidado investigador de la corteza cerebral humana y su organización funcional.

## PALABRAS CLAVE

Justo Gonzalo Rodríguez-Leal, dinámica cerebral, organización funcional, gradiente, alometría, historia del siglo XX

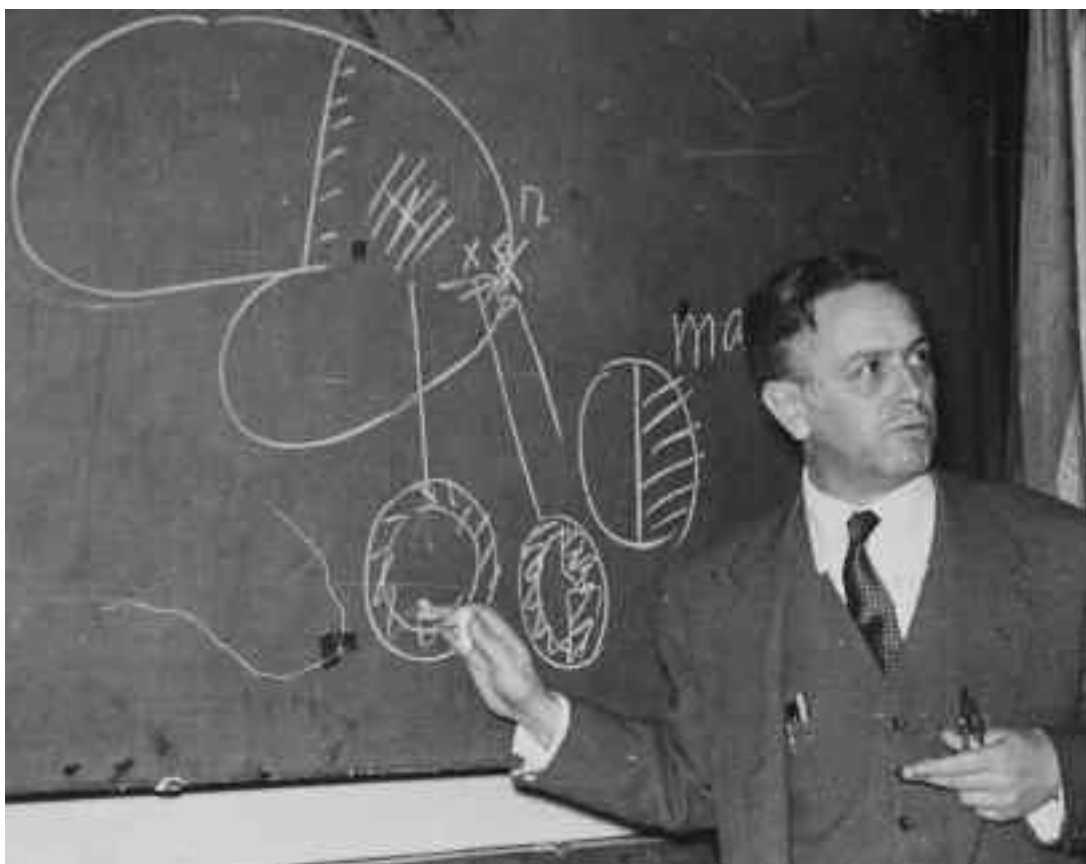
## Introducción

La organización funcional del cerebro ha sido uno de los principales temas de estudio de la neurofisiología del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. La primera aproximación estructurada y sistemática a esta problemática la realiza el neuroanatomista y fisiólogo Franz Joseph Gall (1758-1828). Este propone que, al igual que el cuerpo se compone de diferentes órganos asociados a determinadas funciones fisiológicas, el cerebro también está formado por órganos mentales, cada uno de los cuales se dedica a una función concreta<sup>1</sup>. En el extremo opuesto, Marie-Jean-Pierre Flourens (1794-1867) defiende la unidad funcional de la corteza cerebral, adoptando una postura de firme oposición a las localizaciones anatomofuncionales postuladas por Gall<sup>2</sup>. La visión del cerebro como un tejido homogéneo y equipotencial, a nivel funcional, es ampliamente aceptada por gran parte de la comunidad científica, constituyendo un auténtico

dogma durante la primera mitad del siglo XIX. En la segunda mitad del siglo, los nuevos datos sobre las bases neuroanatómicas del lenguaje, y los resultados derivados de la estimulación cerebral con animales, propiciarán un cambio conceptual. En 1861, Paul Broca (1824-1880) presenta los hallazgos de los estudios post mortem realizados a dos pacientes con alteraciones en el lenguaje expresivo. En ambos casos, observa una lesión localizada en la tercera circunvolución frontal izquierda, lo que constituye la primera evidencia clínica de la correspondencia entre una función cognitiva y una zona específica del córtex cerebral<sup>3,4</sup>. Pocos años después, en 1870, Gustav Theodor Fritsch (1838-1927) y Eduard Hitzig (1838-1907) publican, en la revista *Archiv für Anatomie und Physiologie*, la primera prueba experimental de la localización directa de una función en una zona concreta de la corteza cerebral<sup>5</sup>.

A finales del siglo XIX, multitud de investigadores dibujan ‘mapas funcionales’ de la corteza cerebral, mapas en los que localizan un sinfín de procesos mentales vinculados a áreas cerebrales concretas. Este mapeo funcional tendrá una de sus máximas expresiones en la monumental obra *Gehirnpathologie* (1934) de Karl Kleist (1879-1960)<sup>6</sup>. En contraposición a los planteamientos localizacionistas, investigadores como Constantin von Monakow (1853-1930), Henry Head (1861-1940) o Kurt Goldstein (1878-1965) proponen una visión holística del cerebro, en la que las actividades mentales son el producto de múltiples áreas cerebrales que interactúan entre sí. También se adscriben a esta línea de pensamiento Shepherd Ivory Franz (1874-1933) y Karl Lashley (1890-1958). Ambos sostendrán que, si bien existe una especialización funcional a nivel sensorial y motor, el cerebro no obra por parcelas sino como un todo<sup>2</sup>.

En España, el neurocientífico catalán Justo Gonzalo Rodríguez-Leal (1910-1986) planteará una singular teoría sobre la estructuración funcional de la corteza cerebral. Esta teoría fue expuesta y desarrollada en su obra *Investigaciones sobre la nueva dinámica cerebral. La actividad cerebral en función de las condiciones dinámicas de la excitabilidad nerviosa*<sup>7</sup>. Pese a los elogios recibidos en España y el extranjero por su originalidad e interés científico<sup>8</sup>, la excepcional aportación de Justo Gonzalo al problema de las localizaciones cerebrales no tendrá la repercusión merecida, siendo su contribución olvidada o ignorada durante largo tiempo. Su escasa participación en congresos científicos, la resistencia a publicar sus resultados de forma fragmentada, junto a la indiferencia de la mayoría de sus colegas, y un espíritu crítico y exigente con su propia obra, influirán decisivamente en la escasa difusión de sus investigaciones.



**Figura 1.** Justo Gonzalo durante una ponencia sobre dinámica cerebral. IV Congreso de la Asociación Española de Neuropsiquiatría (Madrid, 1954). Colección personal de I. Gonzalo Fonrodona

## Desarrollo

Justo Gonzalo. Reseña biográfica

Justo Gonzalo Rodríguez-Leal nace en Barcelona el 2 de marzo de 1910, ciudad en la que vive gran parte de su niñez y juventud. A causa de la movilidad laboral de su padre, ingeniero de caminos, Justo cursa el bachillerato en Valencia; finalizándolo a su regreso a Barcelona y llegando a hacer el ingreso a la universidad en dicha ciudad. Poco después, su padre es destinado a los astilleros de Sevilla y Justo, decidido a estar cerca de su familia, opta por realizar los cursos de medicina en Madrid. En 1933 se licencia y realiza estudios de perfeccionamiento en la Universidad de Viena, junto a Hans Hoff y Otto Pötzl (curso 1933-1934). Becado por la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, continúa su formación neurológica en la Universidad de Frankfurt con el eminente neurólogo y psiquiatra alemán Karl Kleist (curso 1934-1935)<sup>9</sup>. Junto a este último Justo publica un artículo sobre la localización y fisiopatología del tálamo<sup>10</sup>.

A su regreso a España desempeña actividades asistenciales como neurólogo consultor en el Hospital General de Madrid, situado en el actual Museo Reina Sofía, e investigaciones anatomoclínicas cerebrales en el Instituto Cajal de esta misma ciudad. Con el estallido de la Guerra Civil Española (1936-1939) es enviado al frente republicano como médico de guerra y destinado al batallón comunista comandado por Enrique Lister<sup>11</sup>. En verano de 1938 consigue que le reclame Gonzalo Rodríguez Lafora para trabajar en el Centro de Traumatizados del Cráneo que éste dirige en Godella (Valencia). Finalizada la guerra, Justo regresa a Madrid y presenta los primeros resultados de sus investigaciones al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, institución a la que se incorpora en calidad de investigador en 1942. Compaginará su actividad investigadora con la docencia, impartiendo clases en los cursos de doctorado sobre Fisiopatología Cerebral en la Facultad de Medicina (antiguo Hospital San Carlos) de Madrid durante el periodo comprendido entre 1945 y 1966. Tras jubilarse en 1980, Justo Gonzalo continuará con su actividad investigadora hasta su fallecimiento el 28 de septiembre de 1986<sup>12</sup>.

Dinámica cerebral. Fundamentos

La información descrita en este apartado está fundamentada, y desarrollada en detalle, en la obra de Justo Gonzalo *Investigaciones sobre la nueva dinámica cere-*



Figura 2. Caso M. Extraído de la obra *Dinámica cerebral*<sup>7</sup>



Figura 3. Caso T. Extraído de la obra *Dinámica cerebral*<sup>7</sup>

*bral. La actividad cerebral en función de las condiciones dinámicas de la excitabilidad nerviosa*<sup>7</sup>.

En agosto de 1938, durante su estancia en el Centro de Traumatizados del Cráneo, Justo inicia sus investigaciones sobre la agnosia. Los fenómenos observados durante la exploración de multitud de pacientes con heridas cerebrales harán que se cuestione las concepciones dominantes sobre patología cerebral. Entre los pacientes estudiados destacará especialmente el caso M. Se trata de un varón de veinticinco años que en mayo de 1938 recibe el impacto de un proyectil, causándole una lesión cerebral localizada en la región parieto-occipital izquierda. Como consecuencia, presentará una intensa reducción concéntrica del campo visual en ambos ojos, triplopia (visión triple de un solo objeto), visión de colores planos (perturbación cromática que hace ver los colores como desprendidos de los objetos), trastornos en la percepción de los colores, agnosia visual, alteraciones apráxicas y signos de agnosia táctil, entre otros trastornos, siendo un hallazgo destacado la inversión de la percepción visual (con una inclinación máxima percibida de 170° con el ojo izquierdo y 145° con el derecho). La exploración detallada realizada con posterioridad revela una disgregación funcional dependiendo de la intensidad del estímulo, y la inversión táctil y auditiva, siendo muy destacable la acentuada capacidad de sumación temporal y facilitación multisensorial (como el hecho de que una contracción muscular intensa mejora en gran medida su percepción). Durante su estancia en Godella, Justo encuentra otro herido (caso T) con un cuadro clínico similar al descrito en el caso M. El segundo sujeto, varón de veinte años herido en enero de 1938, muestra lesiones similares a las observadas en el caso M –si bien situadas en una localización ligeramente superior– y de menor magnitud. Entre las diversas alteraciones asociadas, análogas a las de M pero de menor intensidad, T presenta una pérdida de la función ortogonal que le permite leer lo mismo en posición normal que invertida (no notando el cambio de posición de las letras). El análisis meticuloso de ambos casos hará que Gonzalo cambie su orientación teórica sobre la actividad cerebral, trazando una original aproximación a las funciones cerebrales basada en las leyes de la excitabilidad nerviosa. A finales de 1939 caracteriza lo que denomina los fenómenos nerviosos de acción dinámica. Estos son: 1) desfaseamiento o asincronismo nervioso, 2) sincronización por refuerzo o sumación y 3) repercusión. Estos fenómenos constituirán el punto de partida para la dinámica cerebral y posterior formu-

lación del problema de la localización de las lesiones corticales.

El efecto de una lesión cortical, según Justo, depende de dos factores: magnitud y posición. La posición o localización de la lesión condiciona el tipo de distribución del trastorno en el sistema cerebral (la topografía de la repercusión). La magnitud o extensión de la lesión condiciona la intensidad del trastorno o el grado de descenso funcional. Este último concepto permite establecer transiciones continuas en los diversos fenómenos anormales y excluir defectos independientes. Así, la diferencia entre parálisis y paresia o anestesia e hipoestesia se explicaría por el grado de afección de una misma función. La posición de la lesión permite distinguir tres síndromes corticales generales: central, paracentral y marginal. El síndrome central de la corteza cerebral, caracterizado por una afección multisensorial (visual, táctil y acústica), bilateral y simétrica, revela aspectos dinámicos del proceso integrativo cerebral en la pérdida progresiva de cualidades sensoriales (dependiendo de la intensidad del estímulo y de la masa neuronal perdida). Asimismo, pone de manifiesto la interrelación de las áreas, variación continua en la especificidad de la corteza y unidad funcional de la misma. El síndrome paracentral es similar al anterior, pero la repercusión del trastorno es asimétrica, mientras que el síndrome marginal corresponde a un síndrome de las vías de proyección (p. ej., en la esfera visual, una hemianopsia homónima). En los síndromes central y paracentral se da un fenómeno de depresión funcional, produciéndose en el caso del síndrome marginal una supresión o interrupción funcional. En 1952, Justo lleva a cabo la búsqueda de nuevos casos que le permitan corroborar sus hipótesis de trabajo. Explora a unos 100 pacientes, entre más de 3000 sujetos con lesiones cerebrales (la mayoría heridos de la Guerra Civil). Treinta y cinco presentan el síndrome central descrito en los casos M y T mencionados y otros 35 la semiología propia del síndrome paracentral.

Los dos factores descritos –magnitud y posición– constituyen la primera solución propuesta por Justo al complejo problema de las localizaciones cerebrales. Diez años después, en 1951, plantea una nueva aproximación a este problema utilizando la noción de gradiente (entendido como la proporción en que varía una magnitud con la distancia). Frente a la atomización de la corteza cerebral en un mosaico de centros anatómicos, Justo postula que la corteza está formada por

múltiples gradientes cerebrales con una continuidad funcional. En este sistema de gradientes cerebrales es posible distinguir gradientes específicos (que implican los factores de magnitud y posición descritos previamente) y gradientes de integración (consecuencia del cruce de los gradientes específicos). Según las teorías localizacionistas, las lesiones cerebrales destruyen centros anatómicos (y sus correspondientes funciones específicas). Para Justo, la alteración patológica observada tras una lesión cerebral es el resultado de un juego de gradientes, en el que el sistema conserva su organización funcional, aunque sus diversas funciones experimentan un cambio de escala en la excitabilidad nerviosa. Partiendo del principio de similitud dinámica, el cambio de escala de un sistema da lugar a que sus partes cambien de manera diferente (esto es, de forma alométrica). En esta nueva versión de la dinámica cerebral los gradientes cerebrales aportan la localización de los sistemas, mientras que la similitud y la alometría revelan su trama funcional. Por otra parte, los gradientes cerebrales desdibujan la clásica separación entre zonas de proyección y de asociación, y con ello la distinción entre funciones superiores e infe-

riores. Existe, además, una continuidad a través de un mismo patrón funcional, en el que tienen lugar sucesivas etapas de creciente complejidad.

La dinámica cerebral formulada por Justo Gonzalo evolucionará sensiblemente a lo largo de más de cuatro décadas. Se inicia en 1939 con los fenómenos de acción dinámica. Le seguirán los dos principios de la dinámica cerebral: repercusión cerebral de la lesión según magnitud y posición (1941) y organización sensorial según el desarrollo espiral (1947). Más tarde, en la década de 1950, desarrollará los conceptos de gradiente cerebral, similitud y alometría. En una de las últimas definiciones de la dinámica cerebral, Justo Gonzalo concluye que “es un neolocalismo de gradientes alométricos. Constituye una neurofísica del córtex cerebral, un sistema dispuesto en campo de gradiente, que en lesiones cambia la escala métrica conservando el modelo o mismo plan, similitud funcional, y cuyas múltiples funciones particulares se especifican y rigen alométricamente”<sup>7(p73, supl.II)</sup>. Publicaciones contemporáneas exponen, en relación al contexto actual, algunos de los conceptos desarrollados por Justo Gonzalo<sup>13,14</sup>.

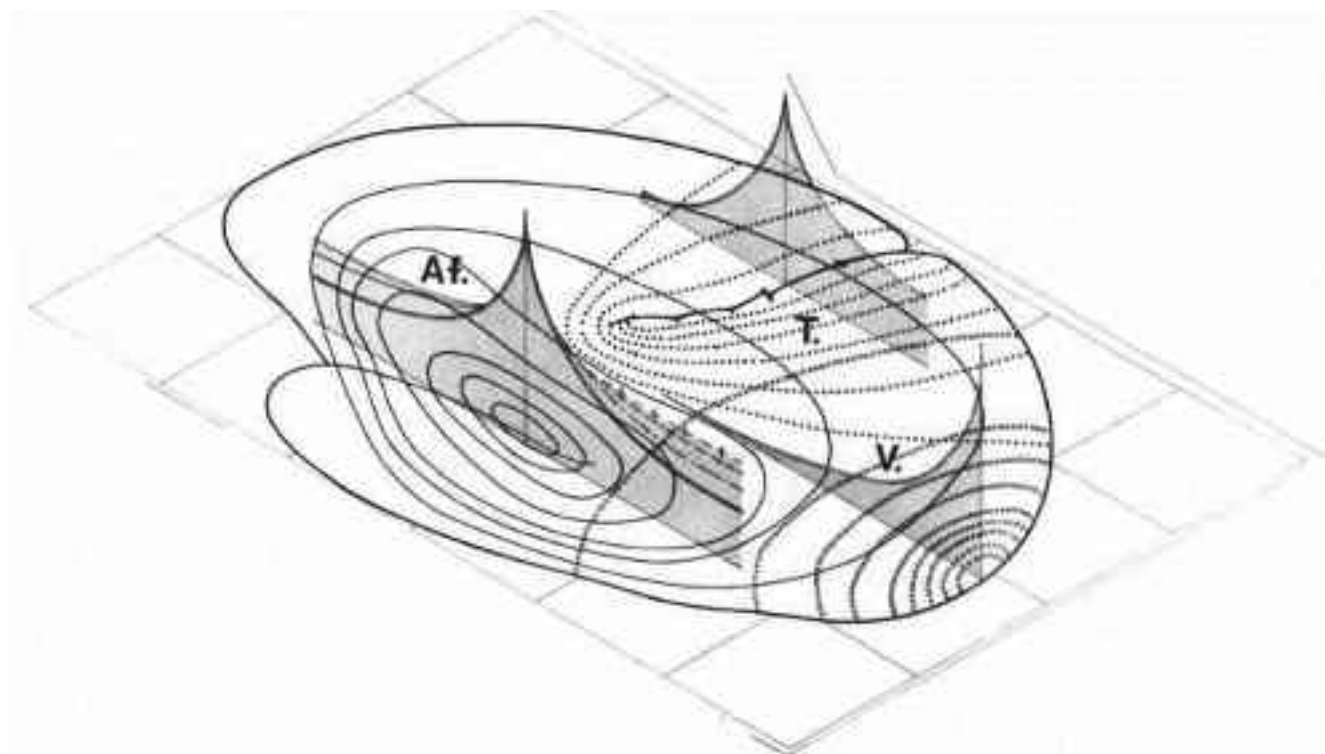


Figura 4. Gradientes de la afasia (Af.), del tacto (T.) y visual (V.). Extraído de la obra *Dinámica cerebral*

## Conclusiones

Tradicionalmente, los estudiosos de la organización funcional cerebral se han agrupado en torno a planteamientos preferentemente localizacionistas o antilocalizacionistas (holísticos). La dinámica cerebral propuesta por Justo Gonzalo hace las veces de pasarela entre ambos planteamientos, actuando como integrador de estas teorías. Para Cabaleiro Goas la dinámica cerebral no implica una refutación de las teorías localizacionistas, sino que la completa y perfecciona<sup>8</sup>. El propio Justo señala que

“la dinámica cerebral (...) se halla conectada a las anteriores y (...) además de fisiológica continúa siendo anatomoclínica, y así incluye conceptos de orden anatómico (hemisferios, cuerpo calloso, área primarias y áreas secundarias, cruzamientos, etc.), de orden fisiológico (excitabilidad, sumación, desfasamiento, dimensiones sensoriales, gradientes cerebrales, etc.) y de orden fisiopatológico (síndromes central, paracentral y marginal; campo residual; desarrollo espiral; etc.)”<sup>7(p63, supl. I)</sup>.

Si tuviéramos que vincular el cuerpo de conocimiento expuesto por Justo Gonzalo con algún precedente, es verosímil hacerlo con los trabajos de Henry Head o Karl Lashley. Ambos investigadores, desde diferentes disciplinas, serán firmes detractores de los planteamientos anatómicos/estáticos defendidos por los partidarios de las teorías localizacionistas; y abogarán por un punto de vista dinámico e integrador del funcionamiento cerebral. Henry Head concibe la corteza cerebral como un mosaico compuesto por focos de integración. Influida por la visión integradora del sistema nervioso de Sir Charles Scott Sherrington, Head argumenta que una lesión cerebral focal arrastra al desorden del cerebro como un todo, proponiendo que el cerebro dañado debe ser considerado como un sistema completamente nuevo, y no simplemente como el viejo sistema menos la región o regiones afectadas anatómicamente<sup>15</sup>. Por su parte, Karl Lashley afirma, en su monografía *Brain mechanisms and intelligence* (1929), que la estructura funcional cerebral no es el resultado de la suma de una serie de centros anatómicos específicos e independientes, sino de la organización dinámica del sistema cerebral como un todo<sup>16,17</sup>.

El enfrentamiento dialéctico entre localizacionistas y antilocalizacionistas ha perdurado hasta nuestros días. En el ámbito clínico-asistencial son muchos los profesionales que tienen una concepción modular de la arquitectura

mental. Ya en 1952 Justo Gonzalo señala que “la doctrina clásica [localizaciones anatómicas] continúa desempeñando su cometido, de un modo u otro, en el diagnóstico clínico”<sup>7(p63, supl. I)</sup>. Hoy por hoy, es un error adoptar perspectivas excesivamente estáticas y atomizadas respecto a la actividad cerebral: es imprescindible, como hizo Justo Gonzalo Rodríguez-Leal, apostar por una visión más amplia, dinámica e integrada de la organización funcional del cerebro.

## Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a la Dra. Isabel Gonzalo Fonrodona por facilitarme información biográfica de su padre, así como por sus comentarios y sugerencias para la elaboración del artículo.

## Bibliografía

1. Nofre i Mateo D. En el centro de todas las miradas: una aproximación a la historiografía de la frenología. *Acta Hisp Med Sci Hist Illus*. 2006;26:93-124.
2. Finger S. *Origins of neuroscience: a history of explorations into brain function*. Nueva York: Oxford University Press; 1994.
3. Broca P. Perte de la parole, ramollissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche du cerveau. *Bulletins de la Société d'Anthropologie de Paris*. 1861;2:235-8.
4. García-Molina A, Roig-Rovira T. Broca, prisionero de su tiempo. *Neurosci Hist*. 2013;1:119-24.
5. Taylor CS, Gross CG. Twitches versus movements: a story of motor cortex. *Neuroscientist*. 2003;9:332-42.
6. Wallesch CW. Karl Kleist (1879-1960) - the man behind the map. *Cortex*. 2011;47:521-3.
7. Gonzalo J. Dinámica cerebral [Internet]. Santiago de Compostela: Red Temática en Tecnologías de Computación Artificial/Natural; 2010 [consultado 28 abr 2015]. Disponible en: <http://dSPACE.usc.es/handle/10347/4341> Publicado junto con la Universidade de Santiago de Compostela.
8. Barraquer-Bordas L. La “dinámica cerebral” de Justo Gonzalo en la historia. *Neurología*. 2005;20:169-73.
9. Gonzalo-Fonrodona I. Justo Gonzalo (1910-1986) y su investigación sobre dinámica cerebral. *Rev Hist Psicol*. 2011;32:65-78.
10. Kleist VK, Gonzalo J. Über Thalamus und Subthalamus syndrome und die Störungen einzelner Thalamuskern. *Msch Psychiatri Neurol*. 1938;99:108-30.
11. Ansele M. El hombre que aprendió de los cerebros reventados en la Guerra Civil. *Materia* [Internet]. 10 jul 2012 [consultado 24 ene 2015]:17 párrafos. Disponible en: <http://esmateria.com/2012/07/10/el-hombre-que-aprendio-de-los-cerebros-reventados-en-la-guerra-civil/>

12. Arias M, Gonzalo I. La obra neurocientífica de Justo Gonzalo (1910-1986): el síndrome central y la metamorfosis invertida. *Neurología*. 2004;19:429-33.
13. Gonzalo-Fonrodona I. Functional gradients through the cortex, multisensory integration and scaling laws in brain dynamics. *Neurocomputing*. 2009;72:831-8.
14. Gonzalo-Fonrodona I, Porrás MA. Nervous excitability dynamics in a multisensory syndrome and its similitude with normals: scaling laws. En: Costa A, Villalba E, eds. *Horizons in neuroscience research [Internet]*. Vol. 13. Nueva York: Nova Science Publishers; 2014 [consultado 24 ene 2015]. p.161-89. Disponible en: [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=47914](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=47914)
15. Head H, Rivers WH, Holmes GM, Sherren J, Thompson T, Riddoch G. *Studies in neurology*. Londres: H. Fowde; 1920.
16. Lashley KS. *Brain mechanisms and intelligence: a quantitative study of injuries to the brain*. Chicago: University of Chicago Press; 1929.
17. Bruce D. Fifty years since Lashley's In search of the engram: refutations and conjectures. *J Hist Neurosci*. 2001;10:308-18.