

Valoración científica de la correspondencia de Santiago Ramón y Cajal (1852-1934). Una mirada a la historia de la neurociencia¹

Scientific assessment of the correspondence of Santiago Ramón y Cajal (1852-1934). A view at the history of the neuroscience

Marta Cecilia Lopera Chaves*

Recibido: 10 de marzo 2010 **Aprobado:** 15 de abril de 2010

RESUMEN

El presente artículo describe los resultados de la investigación "Estudio de la correspondencia científica de Santiago Ramón y Cajal (1852-1934)", cuyo objetivo central consistió en determinar la importancia que tiene la correspondencia científica de Santiago Ramón y Cajal y qué papel desempeñó en su quehacer científico, ya que este autor es considerado el primer neurocientífico de todos los tiempos. Se estudiaron 360 cartas de contenido científico, intercambiadas entre Cajal y otros investigadores de su tiempo; se concluye que tuvieron un papel importante en el establecimiento de las relaciones personales y científicas entre los investigadores y apoyaron, ampliaron y complementaron la labor investigativa de Cajal. De tal forma, estas cartas constituyen parte de su legado científico formado por cerca de 4000 preparaciones histológicas, 2000 dibujos y más de 300 publicaciones.

Palabras clave: correspondencia científica, legado Cajal, quehacer investigativo, psicología cognitiva.

ABSTRACT

This article describes the results of research whose main objective was to determine how important scientific correspondence and what role he played in the scientific work of Santiago Ramón y Cajal, considered the first neuroscientist of all time. Examined 360 letters exchanged between Cajal and other researchers of his time, we found that played an important role in the establishment of personal and scientific relations between researchers and supported, expanded and complemented the investigative work of Cajal, becoming the letters as part of his scientific Cajal's Legacy consisting of about 4000 histological preparations, 2000 scientific drawings and over 300 publications.

Keywords: scientific letters, Cajal's Legacy, investigative labor, cognitive psychology.

¹ El artículo presenta los resultados de la investigación "Estudio de la correspondencia científica de Santiago Ramón y Cajal (1852-1934)", realizada como tesis doctoral durante los años 2005-2008 en el Museo Cajal de Madrid.

* Doctora en Neurociencia y Biología del Comportamiento, docente de la Facultad de Psicología de la Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Medellín, correo electrónico: martaclopera@gmail.com

Introducción

La correspondencia de Santiago Ramón y Cajal abarca más de 5000 documentos que se conservan en dos grandes colecciones: la del Museo Cajal de Madrid (CSIC) y la que se encuentra en la sala de manuscritos de la Biblioteca Nacional de Madrid. La mayoría de las cartas fueron enviadas por científicos extranjeros, entidades oficiales, editores, políticos, literatos y personas comunes; también hay borradores, fotocopias y calcos de las cartas enviadas por Ramón y Cajal. Dichas cartas abarcan un período de tiempo que va desde 1886 hasta meses antes de su muerte, ocurrida en octubre de 1934.

Al indagar en una base de datos existente en el CSIC,² se seleccionaron las cartas enviadas por científicos reconocidos como Kölliker, His, Retzius, van Gehuchten, Duval, Lenhossék y Edingen, entre otros. Estas cartas tratan temas científicos sobre métodos de tinción, preparaciones y hallazgos histológicos, publicaciones científicas, congresos y temas debatidos como el reticularismo-neuronismo. Se encontraron 360 cartas de interés científico, la mayoría están escritas en francés y alemán y datan de finales de siglo XIX, época en la que Cajal incursionaba activamente en la histología del sistema nervioso.

El trabajo de Cajal redireccionó todos los estudios existentes sobre el sistema nervioso y fue determinante en el establecimiento de las bases de la naciente psicología cognitiva; aspectos como leyes y principios del funcionamiento nervioso, explicación de procesos cognitivos, estudios sobre comportamiento y aprendizaje comparativos, etcétera, hacen de Cajal un científico clave para entender la historia de la psicología contemporánea.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en dos fases: una pasantía de agosto a octubre durante el 2007 en el CSIC, Madrid, donde se consultó la base

de datos (intranet del Museo Cajal), y una fase de estudio del contenido de las cartas seleccionadas, en un proyecto realizado en la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Medellín, donde la investigadora es docente de tiempo completo.

Para escoger las cartas de este estudio se utilizó la base de datos de la correspondencia, y se seleccionaron las cartas con temas científicos; para ello se aplicaron los siguientes criterios:

- Cartas de científicos destacados de la época.
- Cartas que hablaran de métodos de tinción, preparaciones histológicas y dibujos científicos.
- Cartas que mencionaran congresos y eventos científicos.
- Cartas sobre publicación, traducción y asuntos editoriales.
- Cartas que mencionaran temas científicos específicos, por ejemplo, sobre conducción nerviosa y temas debatidos como el neuronismo-reticularismo.
- Se hizo un análisis siguiendo cada tema científico, y una correlación con las publicaciones de la época y las memorias científicas de Cajal.

La discusión de los resultados se hizo por temas: métodos de tinción, preparaciones histológicas, dibujos, congresos, publicaciones y traducciones, y debate entre neuronistas y reticulistas, siguiendo cada tema en las diferentes cartas, utilizando su versión traducida y en orden cronológico; al final se hace una discusión general. En la bibliografía se referencian las publicaciones mencionadas en este estudio.

Resultados

La colección de documentos conservados en el Museo Cajal está formada por 2584 elementos, de los cuales 2046 son cartas, 360 con temas científicos. La mayoría de las cartas de interés científico provienen de Alemania (Berlín, Friburgo, Leipzig, Frankfurt), de Francia

² En la sección Museo Cajal se adelantan trabajos de catalogación y conservación de bienes de Santiago Ramón y Cajal, bajo la dirección del doctor Miguel A. Freire Mallo y su equipo.

(París Montpellier), de Suiza (Basilea), de Suecia (Estocolmo), de Bélgica (Lovaina), de Italia y del Reino Unido (Londres).

Su estructura sigue un patrón muy similar en todas ellas: fecha y lugar, saludo, agradecimiento acusando recibo de envíos; en el núcleo central de cada carta se encuentra el tema (o los temas) y, finalmente, una despedida. El lenguaje es muy formal y las cartas suelen tener numerosas formulas de cortesía. Casi todas son manuscritas, en hojas dobladas, escritas por todas las caras. Es común encontrar notas al margen.

Se realizó una lista de los científicos destacados de finales del siglo XIX, utilizando como criterio de selección que tuviesen publicaciones, distinciones o premios, o que fueran citados por Cajal en su biografía (Ramón y Cajal, 1923). Se encontraron 122 cartas, de las cuales 37 fueron dirigidas por Ramón y Cajal a los científicos mencionados:

- Wilhelm His (1832-1904). Recibió la influencia de destacados científicos de la época como Müller, Remak, Kölliker, Virchow, Claude Bernard y Brown-Séquard. En 1857 es nombrado profesor de anatomía de la Universidad de Basilea y, en 1872, de Leipzig. Su actividad científica fue muy destacada, especialmente, en el campo de la histogénesis del sistema nervioso. Se le considera un precursor de la teoría neuronal. Conoce personalmente a Ramón y Cajal en el Congreso de la Sociedad Anatómica de Berlín de 1889, en el que se interesó por sus hallazgos y preparaciones histológicas. Se conservan seis cartas de él remitidas a Cajal, entre agosto de 1890 y junio de 1894, que tratan sobre la traducción de sus monografías al alemán y su publicación. Hay una carta muy expresiva de agosto de 1890, donde le informa la posición que ha alcanzado internacionalmente y la importancia que se le concede a su obra.
- Rudolf Albert von Kölliker (1817-1905). Docente y, posteriormente, director de los institutos anatómicos de la Universidad de Wüburgo; convirtió a esta institución en uno de los centros más importantes de la morfología de su tiempo, por lo que alcanzó renombre en el ámbito internacional. Su obra central, *Hansbuch der Gewebelehre des Menschen* de 1852, es considerada el primer tratado de la histología moderna; se publica en español en 1878. Sus primeros trabajos sobre la histología del sistema nervioso son de 1841: en ellos parece abonar la teoría de la independencia de las neuronas. Lo cita ampliamente Ramón y Cajal (Ramón y Cajal, 1923), y lo considera decisivo en la aceptación de sus hallazgos por la comunidad científica internacional, después de su presentación ante el Congreso de la Sociedad Anatómica de Berlín en 1889. De él se encuentran tres cartas de 1893, relacionadas con la traducción y publicación de una monografía.
- Arthur Van Gehuchten (1861-1914). Nace en Amberes y fue biólogo de la Universidad de Lovaina, posteriormente médico. Fue discípulo de Carnoy, Weigert y Edinger. Se relaciona con Ramón y Cajal por sus estudios sobre el músculo (1886) y por su aplicación de la tinción cromato-argéntica. Publica sus primeros trabajos en 1891; en 1893 aparece su *Anatomie du Système Nerveux* y, en 1900, funda la revista *Le Névraxe*. Será decisiva su contribución a la definición de la ley de la polarización dinámica de las neuronas. Es uno de los principales divulgadores de Cajal en lengua francesa.
- Michael von Lenhossék (1863-1937). Nace en Budapest y fue catedrático de la Universidad de Basilea; se convertirá rápidamente en un seguidor entusiasta de la teoría neuronal. Es importante su carta de enero de 1890, en la que mostró su admiración y adhesión a Cajal. Años más tarde, llegó a reconocer la gran contribución realizada por Cajal a la anatomía microscópica neuronal; a su vez, Cajal hace un elogio de su calidad humana (Ramón y Cajal, 1923).

- Gustav Retzius (1842-1919). Nace en Estocolmo y se vincula en 1871 a la docencia de la anatomía en *el Karolinska Institutet*. Seguidor temprano y entusiasta de las teorías de Ramón y Cajal, se destacó en varios campos del saber como la antropología y la anatomía comparada, y formó parte del comité de los Premio Nobel; perteneció a la comunidad científica europea. Se encontraron 12 cartas completas, fechadas entre 1891 y 1909 (11 de ellas en alemán y una en francés); se conservan 23 fotocopias de las cartas originales dirigidas a Retzius, escritas en francés y en español, aunque estas cartas no guardan relación cronológica. Es la colección más completa que poseemos: en ellas se muestra una profunda relación científica y personal que se extendió a lo largo de muchos años. Las cartas de Ramón y Cajal son especialmente interesantes por sus contenidos científicos, las de Retzius muestran un panorama de la sociedad científica de su tiempo.
- Ludwig Edinger (1855-1918). Neuroanatomista y neurólogo clínico de Frankfurt, se interesó vivamente por las aportaciones de Cajal en el Congreso de Berlín de 1889 y contribuyó a su difusión internacional en lengua alemana a través del *Jahresbericht für Hirnanatomie*, sección del *Jahrbuch*, que circuló exitosamente entre 1834 hasta 1922; en esta revista se publicaron varias monografías de Cajal. Apoyaba la integración de la morfología a la explicación funcional y las implicaciones clínicas. En 1885 fundó un instituto neurológico en asociación con el histólogo Carl Weigert. Hizo importantes aportaciones científicas sobre vías medulares, la diferencia entre el neocérebro y el paleocérebro, el crecimiento y la degeneración neuronal (Ley de Edinger), entre otras. En el Museo Cajal se conservan siete cartas de Edinger relacionadas con tinciones, traducciones, publicaciones, envío de preparaciones, además de otros temas; sobresale la carta de enero de 1890, en la que le agradece el envío de varias preparaciones histológicas y expresa la profunda impresión que le han causado los hallazgos de Ramón y Cajal. Su relación epistolar se extendió por varios años, aunque nunca llegaron a conocerse personalmente, cosa que lamenta en una carta de 1897.
- Johannes Bressler (1908). Psiquiatra de Friburgo, fue un traductor al alemán de varias obras de Ramón y Cajal. Se encuentran siete cartas relacionadas con su traducción al alemán y la publicación de monografías científicas.
- Camilo Golgi (1843-1926). Comparte el Premio Nobel con Cajal en 1906. Se destacó como profesor de histología de la Universidad de Pavía y de Siena, prestigio originado, por una parte, gracias a las publicaciones que aparecieron desde 1873 en las que refería la aplicación de un método de tinción basado en el nitrato de plata, así como por sus aportes a la citología y a los estudios sobre el paludismo. Publicó una histología en 1886: *Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso*, donde recopilaba sus estudios sobre la corteza, el bulbo olfatorio, el cerebelo, etcétera. Fue el principal defensor de la teoría reticular. No hay cartas de él en la colección del Museo Cajal.
- Albert Bethe (1872-1954). Nació en Stettin y se doctoró en Munich en 1895. Se interesa fundamentalmente en la zoología. En Nápoles conoce a Apáthy, quien había publicado en 1892 un método de coloración que permitía ver las neurofibrillas al interior de las células de los invertebrados, una de las pruebas en las que apoyaba su defensa de la teoría reticular. Desde 1900 Bethe trabajó en el Instituto de Fisiología de Estrasburgo, más tarde en la Universidad de Kiev y, en la de Frankfurt, desde su fundación en 1915. Se conservan cuatro cartas de Bethe, una muy extensa y polémica de septiembre de 1904, donde trata temas como métodos de tinción, preparaciones y hallazgos histológicos, polemizando desde la teoría reticular y los descubrimientos de Ramón y Cajal.

- Mathias Duval (1844-1907). Se doctoró en medicina en la universidad de Estrasburgo, en 1869. Se dedicó a la histología del sistema nervioso, fue seguidor de Darwin y de su ley biogenética; se interesó también en la embriología y la histología. Redactó el prefacio a la traducción francesa, hecha en 1894 (traducida por Azoulay en 1895), del *Nuevo Concepto de la histología del sistema nervioso*, que había publicado Cajal en 1892. Fue editor y contribuyó a la difusión en francés de la obra de Ramón y Cajal. Se conservan cuatro cartas dirigidas a este autor; en una de ellas, de 1895, expresa su admiración y respeto.
- León Azoulay (1853-1926). Traduce en 1894 la monografía sobre *El nuevo concepto acerca de la estructura del sistema nervioso* y, más tarde, *La Textura del hombre y los vertebrados*. Se conservan 16 cartas, redactadas entre febrero de 1891 y noviembre de 1896. En la colección de la Biblioteca Nacional se encuentra el borrador de una carta, de 1925, dirigida por Ramón y Cajal a Azoulay, en la cual le comenta el deseo de reeditar en forma abreviada el texto de histología.
- Luis Simarro (1851-1921). Durante su estancia en París, entre 1880 y 1885, fue discípulo de Ranvier, Charcot, Mathias Duval; a su vez, será maestro de Achúcarro y Lafora, los dos pertenecientes a la Escuela Histológica Española. Contemporáneo y amigo de Ramón y Cajal, lo introduce en el método y la obra de Golgi; sus intereses científicos fueron comunes durante algún tiempo, pero sus carreras tomaron rumbos diferentes. Inicialmente se interesó por la neurohistología, más tarde por la psicología experimental, y terminó consagrándose a la neuropsiquiatría. Se conservan tres cartas de él.
- Michael Foster (1836-1907). Destacado científico inglés, profesor de fisiología de Cambridge, introduce la fisiología experimental en su país; entre sus discípulos se encuentran dos premios Nobel: Sherrington (1932) y Dale (1936). Foster era secretario de la Sociedad Real de Londres, prestigiosa asociación que organizaba, desde el siglo XVIII, una conferencia anual con científicos destacados como Hughlings Jackson, Kölliker y Virchow; entre otros. Para 1894 ya Cajal era ampliamente conocido y le corresponde a Foster invitarle a dictar la *Croonian Lecture* de ese año. Se conservan dos cartas de Foster relacionadas con este evento.
- Charles S. Sherrington (1857-1952). Destacado fisiólogo inglés, seguidor de los principios fundamentales de Ramón y Cajal; acuña el término sinapsis, en 1897, al *Manual de Fisiología* de Foster. Fue su anfitrión cuando visita Londres durante la *Croonian Lecture* en 1894; se encuentran varias cartas cruzadas entre ellos, pero que son de carácter más social que científico.
- G. Stanley Hall (1844-1924). Destacado psicólogo americano, creó en 1883 el primer laboratorio de psicología en la Universidad Johns Hopkins. Fue el primer presidente de la *Clark University*, en Worcester (Massachusetts), desde su creación en 1888 hasta 1920. En 1899 organiza la celebración de los diez años de creación de la universidad, para lo cual invita a destacados científicos europeos, entre ellos, a Ramón y Cajal. Se conservan dos cartas de él relacionadas con la publicación de las conferencias del evento.

Es común encontrar alusiones a la correspondencia cruzada entre Cajal y otros investigadores como Wilhelm J. F. Krause (1833-1910), profesor de Göttingen desde 1860 y, más tarde, en Berlín, donde a partir de 1892 dirige el Laboratorio del Instituto Anatómico. En 1884 fundó la revista *Internationale Monatschrift für Anatomie und Physiologie* en la que aparecerán monografías de Cajal durante 1886 y 1888. Cajal lo menciona como amigo y editor temprano de sus obras (Ramón y Cajal, 1923); a él le envió, traducidos al francés, dos de sus trabajos clásicos:

uno sobre el cerebelo, en 1889, y otro sobre el lóbulo óptico de las aves, en 1890. No hay cartas de él en el Museo Cajal. Tampoco hay cartas de Wilhelm Waldeyer (1836-1921), quien conoció a Cajal en el Congreso de Berlín y es mencionado entre los seguidores tempranos de la doctrina neuronal.

En cuanto a sus discípulos, se encontraron cartas de:

- Nicolás Achúcarro (1880-1918). Fue neurohistólogo; entre 1905 y 1908 estudió en Alemania con los destacados psiquiatras Kraepelin y Alzheimer. En España fue discípulo de Simarro. En 1912 dirige el laboratorio neurológico de la Junta para la Ampliación de Estudios y crea, además, una importante escuela neurohistológica. De él hay una carta fechada en 1917.
- Pío del Río Hortega (1882-1945). Destacado histólogo y anatomopatólogo que llegaría a descubrir la microglía y la oligodendroglía. En 1918 sucede a Achúcarro en la dirección del laboratorio neurológico de la Junta para la Ampliación de Estudios y, en 1928, pasa a dirigir la sección de investigación del Instituto Nacional de Cáncer; emigra a Argentina en la época de la guerra civil española. Hay una colección de cartas de Río Hortega y Ramón y Cajal en la Biblioteca Nacional, pero no se seleccionaron para este estudio por ser de tipo personal y administrativo.
- Rafael Lorente de Nó (1902-1990). Trabajó en el Laboratorio de Investigaciones Biológicas desde 1921 hasta 1929, realizó su tesis doctoral sobre la histofisiología del laberinto; más tarde, gracias a una beca de la Junta para Ampliación de Estudios, estudió junto a Bárány. Llegó a ser una figura destacada en el ámbito internacional, básicamente como neurofisiólogo. Hay cinco cartas que datan desde 1925 hasta 1934, de tipo personal y de contenido científico; estas últimas tratan sobre métodos de tinción, la teoría neuronal y publicaciones. La última carta procede de los Estados

Unidos, país en el que estaba trabajando como investigador desde 1931.

- De Miskolczy hay tres cartas de los años treinta, relacionadas con la traducción al alemán.
- De Clemente Estable, nacido en Uruguay, se encontraron varias cartas en la Biblioteca Nacional; son de carácter personal (temas económicos relacionados con una pensión de estudios). Se seleccionó una carta de 1925 que trata sobre métodos de coloración.
- Se encuentran trece borradores de las cartas que Ramón y Cajal envió a sus discípulos. Hay ocho cartas dirigidas a Lorente de Nó, algunas son carácter personal: asuntos económicos y una pensión de estudios, y otras de carácter científico: preparaciones histológicas, neuronismo-reticularismo, métodos de tinción y hallazgos histológicos; en una de ellas, fechada unos días antes de su muerte en octubre de 1934, hace comentarios sobre un trabajo que le envió Lorente de Nó. De la colección de la Biblioteca Nacional, seleccionamos un borrador de una carta de Cajal dirigida a Clemente Estable en la que hace comentarios sobre métodos de tinción y algunos temas personales.

Al analizar el contenido de las cartas, se encontró que veinte de ellas tratan sobre el método de Golgi, el método cromo-argéntico, el del azul de metileno, entre otros; doce cartas se relacionan con el préstamo o comentarios acerca de preparaciones histológicas; cinco contienen dibujos científicos; tres son de Cajal con dibujos comentados que explican hallazgos previos a las publicaciones, y referencias a dibujos que se incluyen en traducciones y publicaciones. Se hallaron doce cartas que mencionan congresos y eventos científicos; otras veintisiete se relacionan con traducciones o publicaciones, diez de ellas son de Cajal. Además, se encontraron cuatro cartas que hablan de la conducción nerviosa, y catorce hablan sobre el debate neuronismo-reticularismo.

Discusión de resultados

Los comienzos de la histología moderna se sitúan en 1841, momento en el que Henle publica su tratado *Allgemeine Anatomie*, pero su desarrollo inicia en la segunda mitad del siglo XIX, siendo Kölliker quien publicó el primer tratado de histología moderna (Kölliker, 1852); otro divulgador importante fue Krause, con su revista *Internationale Monatschrift für Anatomie und Histologie*, en la que publicaron destacados científicos. Hasta la década de 1880 la histología del sistema nervioso estaba dominada por la escuela italiana, con Camilo Golgi (1843-1926) a la cabeza, quien había logrado desarrollar una técnica de tinción, el método de impregnación cromo-argéntica que consistía en sumergir las muestras de tejido nervioso en una serie de disoluciones de bicromato y ácido ósmico durante varios días, y luego se sumergían en una solución de nitrato de plata para precipitar el cromato argéntico; éste último se depositaba en la células nerviosas y las hacía parecer negras: se podía así seguir el axón y permitía ver las células nerviosas y sus prolongaciones. Con este método Golgi estudió la sustancia gris cerebral, el cerebelo y el bulbo olfativo, y pudo describir una red nerviosa formada por las prolongaciones neuronales; formuló así una teoría que definía una red difusa en la sustancia gris cerebral, formada por la unión de ramas terminales y colaterales de neuritas de todo tipo. Golgi reunió sus monografías y publicó un gran texto: *Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso* (1886), que Ramón y Cajal conocería un año más tarde por Simarro, junto con algunas preparaciones hechas con este método. Esta postura científica era una modificación de la teoría reticularista de Gerlach, seguida prácticamente por todos los investigadores; sin embargo, la independencia de las neuronas ya había sido insinuada por Kölliker (1852), por Augusto Forel, quien a partir de estudios anatómo-patológicos había rebatido a Golgi y a su teoría reticular (Forel, 1887),

y por His, quien lo hacía desde sus hallazgos embriológicos (1886), todo ello antes de su formulación por Cajal (1888).

Cajal trabajó cuidadosamente durante mucho tiempo hasta llegar a dominar el método original de Golgi (método cromo-argéntico), al que introdujo la modificación “procede de la doble y triple impregnación”, con lo que reducía los tiempos de induración de los trozos de tejido y lograba así colorear el tejido cortado en bloques de algunos milímetros. Al aplicarlo en los embriones, producía buenas coloraciones y permitía estudiar el desarrollo de las células nerviosas. Así, Cajal postuló y llegó a demostrar la independencia de la célula nerviosa como unidad morfológica y funcional:

Nosotros no hemos podido ver una malla de semejante red, ni en el cerebro, ni en la médula, ni en cerebelo [...], las células nerviosas son elementos independientes jamás anastomosados ni por sus expansiones protoplasmáticas [...]. La prolongación de la acción nerviosa se verifica por contactos a nivel de ciertos aparatos o disposiciones de engranajes; cuyo objeto es fijar la conexión, multiplicando la superficie de influencia (Ramón y Cajal, 1888b, pp. 11-16).

Esta teoría chocaba de frente con la postura existente en aquel momento, por la que se creía que las células nerviosas formaban una red (teoría reticularista), como afirmaba la escuela italiana, con Golgi a la cabeza y otros investigadores como Apáthy, Dogiel, Held, etcétera.

Siguen años fecundos en hallazgos científicos: inicialmente Cajal logró ver las puntas o espinas cortas de las dendritas del cerebelo (1888c), corrigiendo la idea de que eran artefactos del método de Golgi, y describió las fibras centrífugas de la retina (Ramón y Cajal, 1888d). Otro aporte metodológico, introducido por Ramón y Cajal, fue el trabajo con embriones animales y tejidos en desarrollo (enfoque ontogénico), lo que permitía ver en tejidos más simples detalles de la estructura íntima del sistema nervioso. El método de Golgi, modificado por Ramón y Cajal, junto al proceder ontogénico, demostraba claramente la individualidad neuronal.

Era importante que sus descubrimientos fueran conocidos por la comunidad científica; para ello creó una revista, con sus propios medios, en la que se publicaron muchos de sus trabajos. Durante meses envió sus monografías acompañadas de cartas a los científicos europeos, pero nadie parecía impresionado. Era necesario traducir sus monografías y mostrar personalmente sus preparaciones histológicas a los científicos, por lo que se propuso demostrar sus hallazgos en el Congreso de la Sociedad Anatómica, celebrado en Berlín en 1889.

Los congresos eran eventos importantes en los que se presentaban novedades científicas y se interactuaba con otros investigadores, generándose así la sociedad científica a la que era importante pertenecer: allí se reconocían y se relacionaban los investigadores. Ramón y Cajal era prácticamente un desconocido cuando asistió al Congreso de Berlín, celebrado en octubre de 1889; a partir de este acontecimiento se generaron relaciones personales y científicas, algunas trascendentales para su quehacer científico, por ejemplo, la que se desarrolló con A. Kölliker, destacado anatomista de su tiempo, Waldeyer, Retzius, Lenhossék y van Gehuchten. Durante el viaje conoció en persona a destacados investigadores: en Frankfurt a Edinger, Ehrlich y Weigert; a Krause en Gotinga; en Turín conoció a Bizzozero y Angelo Mosso (Ramón y Cajal, 1923).

Kölliker afirma en una carta dirigida a Cajal, un mes más tarde del Congreso de Berlín, “[...] usted tiene un gran mérito por haber empleado el cromato de plata en los animales jóvenes y en los embriones [...]” (Ramón y Cajal, 1923). Kölliker y His acogieron rápidamente sus hallazgos, pues Cajal les proporcionaba la metodología adecuada para comprobar sus intuiciones acerca de la independencia de las neuronas. Por otro lado, van Gehuchten, quien ya se había relacionado con Cajal por sus trabajos sobre el músculo y le había solicitado instrucciones para lograr resultados con el método de Golgi, podía ahora estudiar las impecables preparaciones histológicas de Cajal en la sala del Congreso.

Imperaba en aquel entonces una fuerte concepción de escuela: en el escenario europeo España no figuraba entre los protagonistas de las Histología, y Ramón y Cajal, aunque había publicado importantes hallazgos, no era tenido en cuenta porque no pertenecía a una escuela destacada, ni tenía ningún maestro que lo avalara; por otro lado, era joven. Si se analiza la edad de los asistentes al Congreso de Berlín, descubrimos que hay tres categorías de edad entre los investigadores: Ramón y Cajal tiene 37 años cuando se presenta ante la comunidad internacional, muchos de los presentes son personalidades científicas consagradas y de mucha más edad y trayectoria; Kölliker tiene 72 años, es el director del Instituto Anatómico de Wüsburgo, un reconocido centro de investigación científica, pero, a pesar de ello, no duda en aceptar los postulados de Ramón y Cajal; esto último significó una ruptura con la teoría reticular que imperaba en aquel tiempo, liderada por su amigo Camilo Golgi. W. His tiene 58 años, es otro de sus tempranos seguidores, así como Waldeyer (1836-1921), quien tiene 53 años cuando conoce a Ramón y Cajal en el Congreso de Berlín. W. Krause, amigo y editor de sus primeras monografías en lengua extranjera, en aquel entonces tiene 57 años.

Otro grupo de investigadores, entre los que se encontraba Gustaf Retzius, Camilo Golgi y Mathias Duval (1844-1907), tenía en promedio unos diez años más que Ramón y Cajal. Contemporáneos eran Luis Simarro, León Azoulay, Ludwig Edinger. Finalmente, un tercer grupo lo conforman los más jóvenes: A. van Gehuchten y M. von Lenhossék tenían, en promedio, diez años menos que Ramón y Cajal con 28 y 26 años, respectivamente, cuando se celebró el Congreso de Berlín.

En los laboratorios de histología se desarrollaba una gran actividad y las publicaciones que apoyaban las ideas de Cajal empezaron a aparecer por todas partes: Van Gehuchten hizo elocuentes conferencias ante la Sociedad Belga de Microscopía (citado por Ramón y Cajal, 1891d); Waldeyer publicó en el *Semanario Médico de Berlín*, profusamente

ilustrado, las nuevas ideas; allí acuñaba el término “neurona” para nombrar el corpúsculo ganglionar, concepto que incluía una definición morfológica, genética y fisiológica (citado por Ramón y Cajal, 1891d). His, en Leipzig, propuso el concepto embriológico sobre la individualidad de los neuroblastos en formación (citado por Ramón y Cajal, 1891d); Retzius, en Estocolmo, sintetizó la concepción neuronal relacionada con los órganos de los sentidos (citado por Ramón y Cajal, 1891d); Lenhossék, en Basilea, confirmó los hallazgos de Cajal sobre la médula y aportó valiosos datos sobre su estructura (citado por Ramón y Cajal, 1891d); Azoulay, en París, confirmó los hallazgos de Cajal y tradujo monografías y textos; y Mathias Duval realizó grandes tablas ilustrativas para hablar en sus lecciones de los nuevos conceptos expuestos por Cajal.

Para 1890 ya estaban sentadas las bases de la anatomía microscópica del sistema nervioso: la independencia de las neuronas, la estructura de varios centros nerviosos, la clasificación de la tipología de las células nerviosas, así como conceptos fundamentales de su funcionamiento, y muchos investigadores confirmaron los hallazgos de Cajal. El autor vio por primera vez, en 1890, el cono de crecimiento en la médula de embriones de pollo; en 1891 desarrolló la teoría de la *polarización dinámica*, la cual explica la transmisión del impulso nervioso; y, en 1892, desarrolló su *teoría quimiotáctica*.

El concepto de la conducción nerviosa se fue gestando entre varios autores, como podemos ver en esta serie de cartas:

Su opinión de que las expansiones de los elementos multipolares de los invertebrados (que quizás correspondan a las prolongaciones protoplasmáticas de los vertebrados) sirven también como los tubos nerviosos para transmitir la acción nerviosa armoniza perfectamente con el punto de vista Kölliker y el mío por la función conductora desempeñada por las expansiones protoplasmáticas [...] (carta de Cajal a Retzius en marzo de 1891).³

Hay una carta de van Gehuchten, fechada en noviembre de 1891, en la que señala su participación en la formulación del concepto. Una idea debatida en aquel tiempo versaba sobre el papel nutritivo de las prolongaciones protoplasmáticas que, como afirma Cajal en la misma carta, era sostenida por Golgi. De esta forma podemos ver cómo las ideas de Ramón y Cajal se abrieron paso poco a poco y la teoría neuronal se consolidó con la adhesión de muchos investigadores. Retzius, en una carta de diciembre de 1898, le reconoce como la cabeza de la teoría: “No obstante, antes que nadie debe también usted defender la teoría con fortaleza, usted que fue la cabeza de la formulación”.⁴ La discusión con los reticularistas nunca se canceló y se extendió a lo largo de toda su vida.

El método de Golgi, modificado por Ramón y Cajal, se convirtió en una herramienta de trabajo en todos los laboratorios. Azoulay, desde París en 1891, solicita la bibliografía específica sobre las publicaciones de Ramón y Cajal en las que referencia el uso del método de coloración de Golgi para el estudio de la médula (origen del séptimo nervio), y también solicita información para su aplicación. Años más tarde, en una carta de diciembre de 1893, le agradece los consejos para la aplicación de la *técnica del nitrato de plata* y manifiesta la intención de ir a trabajar a su laboratorio de Madrid para familiarizarse con las dificultades del método.⁵

Durante 1899 y 1900 Ramón y Cajal hizo estudios sobre la corteza; al usar el método de Golgi pudo aportar una verdadera descripción de las cortezas regionales: motriz, visual, acústica y olfativa. Entre 1889 y 1893 el autor estudió minuciosamente la médula espinal utilizando el método de Ehrlich, lo que le permitió confirmar, en los tejidos adultos, aspectos medulares —sólo descritos en médulas embrionarias con el método Golgi— (Ramón

³ C3771, Museo Ramón y Cajal, Instituto Cajal (csc).

⁴ C13877D, Museo Ramón y Cajal, Instituto Cajal (csc).

⁵ C15084 y C14963, Museo Ramón y Cajal, Instituto Cajal (csc).

y Cajal, 1933). En 1896 publicó sus hallazgos con azul de metileno (Cajal, 1896e).

Es común encontrar alusiones a otros métodos de tinción en las cartas: Azoulay, en una carta de 1894, le dice a Cajal que ya no realiza preparaciones con el método de Golgi y habla sobre tres nuevos métodos de coloración del sistema nervioso al utilizar el ácido ósmico y el tanino. Más tarde, basado en un hallazgo de Golgi de 1891, perfeccionará un método de fijación en cortes que permitirá ver las terminaciones libres.⁶

Por su parte, la teoría reticularista seguía avanzando. En 1897 Apáthy utiliza un método de fijación asociada al cloruro de oro, y describe en el protoplasma de células nerviosas de invertebrados las llamadas “neurofibrillas o fibrillas elementales conductoras”; estas fibrillas ya habían sido descritas por Remak, Schultze y Ranvier. Bethe logró verlas en los vertebrados con su método del molibdato amónico, el cual consistía en impregnar las preparaciones con sal molibídica y colorante ácido (azul de toluidina).

Las preparaciones histológicas eran expuestas en los congresos anatómicos como un soporte de los nuevos hallazgos. Retzius le comenta esto a Ramón y Cajal en una carta de enero 1899, refiriéndose al Congreso de Tubinga. En abril de 1904 Ramón y Cajal le envía a Retzius una carta con la descripción y las instrucciones para la demostración de ocho preparaciones, que deberían ser presentadas en un congreso. Es común en las cartas pedir preparaciones histológicas como préstamo o como regalo. En una carta de diciembre de 1890 van Gehuchten le pide algunas a Ramón y Cajal.

Los congresos científicos se sucedían año tras año; Cajal no asistía personalmente a todos, pero enviaba su conferencia o sus preparaciones histológicas. Otro evento internacional importante ocurrió en 1894, cuando la Real Sociedad de Londres lo invita a dictar una conferencia destacada: la *Croonian Lecture*.

Meses antes, el profesor Kölliker, en una carta del 21 de diciembre de 1893,⁷ le indica cómo preparar el discurso de esta conferencia, pues él ya la había presentado en 1862. En esta carta menciona un grupo destacado de personalidades ante el que deberá hablar. En *Recuerdos de mi vida* Ramón y Cajal cuenta como Kölliker le recomendó dictar la conferencia en francés y darle un giro fisiológico (1923). La conferencia fue publicada en francés por la Royal Society, en las memorias del evento (Ramón y Cajal, 1894a).

En 1899 Ramón y Cajal fue invitado a la celebración del décimo aniversario de creación de la Universidad de Clark en Worcester, Massachusetts, que se llevaría a cabo durante el verano de ese año. El autor mostró sus preparaciones y dictó tres conferencias sobre sus últimos estudios acerca de las áreas sensitivas de la corteza cerebral humana (1899). En el viaje se relacionó con Mosso, profesor de fisiología de Turín, con el doctor Forel y con Picard, el gran matemático francés; durante su estancia se relacionó con el rector de la universidad, el psicólogo G. Stanley Hall, y con su anfitrión, el reconocido filántropo Stephen Salisbury.

Razones económicas, exceso de trabajo y las grandes distancias parecen ser la causa de la ausencia de Ramón y Cajal a muchos de estos congresos, gran parte de ellos celebrados en Alemania. De los viajes a Londres y Estados Unidos nos deja una crónica en sus memorias; en ella podemos ver cómo los viajes eran experiencias importantes para Cajal, pero no estaban exentos de dificultades de todo tipo (1923). En las cartas de Retzius es común encontrar comentarios acerca de los congresos.

Madrid estará a la altura de los eventos internacionales en 1903, con la celebración del Congreso Médico Internacional, donde Cajal fue uno de sus organizadores. La polémica neuronismo-reticularismo se evidenció en este evento. Allí se reunieron van Gehuchten, Waldeyer, Veratti, Donaggio, Henschen, entre

⁶ C14987 y C14882C, Museo Ramón y Cajal, Instituto Cajal (csc). Este método utiliza la fijación del oro y la plata sublimados fijados con hidroquinona e hiposulfito.

⁷ C13426, Museo Ramón y Cajal, Instituto Cajal (csc).

otros científicos. En el discurso pronunciado en Estocolmo, en 1906, durante la entrega del Premio Nobel, reconoce la labor del grupo de investigadores que lo han acompañado en la construcción de la doctrina neuronal. Algunas cartas traen esquemas o dibujos que amplían la explicación dada en el texto, como se puede apreciar en la figura 1.

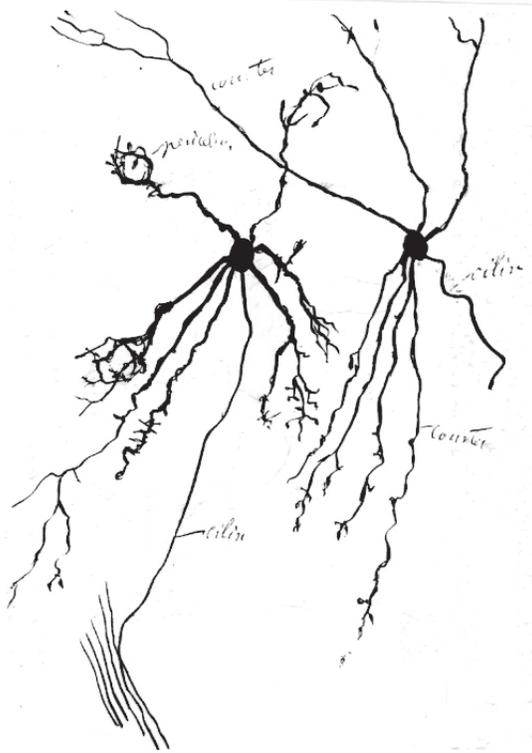


Figura 1. Fibras de Remak (dibujo en carta)

Fuente: Carta de 1891 dirigida por Ramón y Cajal a Retzius⁸

El Congreso de Berlín de 1889 despertó el interés de los científicos por la obra de Ramón y Cajal, quien desde ese momento se convierte en una referencia básica para toda la investigación del sistema nervioso y uno de los científicos más consultados del mundo.

Cajal conoce personalmente a León Azoulay; en 1894, de paso por París, camino a Londres, los dos científicos revisan el discurso de Ramón y Cajal “La fina estructura de los centros nerviosos”, llevado como

conferencia para la *Croonian Lecture*, y publicado en los anales de la Royal Society (Ramón y Cajal, 1894a). La primera carta de Azoulay que se conserva en el Museo Cajal es de 1891; sigue una correspondencia activa entre 1894 y 1896, con algunos contactos posteriores en la década de 1920. Su trabajo más importante fue la traducción del texto *La Textura de sistema nerviosos del hombre y los vertebrados*, publicada entre 1897 y 1904; la versión francesa se publicará como la *Histologie du système nerveux d’homme et des vertébrés*, entre 1909 y 1911.

Gustav Retzius es otro de los investigadores que sostiene una activa correspondencia con Cajal; en sus cartas encontramos siempre dos preocupaciones: hacer que Cajal escriba en alemán y que conteste con actitudes enérgicas a los debates propuestos por los reticularistas.

Los psiquiatras y neurólogos mostraron un interés creciente en la histología del sistema nervioso, que ocupará un lugar prominente en las ciencias básicas médicas a lo largo del siglo xx, momento en el que el quehacer clínico se cimienta sobre dichas disciplinas básicas. De esta época se encuentra una colección de siete cartas, escritas entre mayo de 1895 y diciembre de 1898, de Johannes Bressler, psiquiatra de Friburgo. Bressler traduce al alemán un artículo sobre las vías y centros auditivos, que ya había salido a la luz pública en los *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, en 1894 (Ramón y Cajal, 1894c), y, posteriormente, es publicado en alemán en 1896, entre otras monografías (Ramón y Cajal, 1896); además, se interesa por relacionarse con Simarro y otros psiquiatras españoles a través de Cajal. Edinger, neurólogo clínico, también muestra interés por difundir la obra de Ramón y Cajal.

Conclusiones

El conjunto epistolar referido demuestra el papel fundamental que desempeñó la correspondencia en el establecimiento de una red de intercambios científicos que dio a conocer la

⁸ c13773, Museo Ramón y Cajal, Instituto Cajal (cisc).

obra de Ramón y Cajal en los círculos científicos de la época, además de permitirle situarse a la cabeza de la ciencia de su tiempo.

Su valor radica en la *temporalidad* porque nos permite comprender las circunstancias de un determinado momento. Las cartas científicas muestran aspectos complementarios a las publicaciones, por ejemplo, cómo se elaboraron las ideas científicas, el impacto de una teoría, el desarrollo de los debates, cómo se definía la autoría de un hallazgo, las actitudes de los antagonistas, etcétera.

Con respecto al *contenido*, las cartas van más allá de las publicaciones científicas: hablan de dificultades técnicas, hallazgos parciales, innovaciones metodológicas, expectativas científicas, el impacto personal que ha causado por un hallazgo, sentimientos de solidaridad, respeto, acogida, antagonismo, liderazgo, etcétera; explican pormenores de una técnica, detalles de un dibujo o una preparación histológica que apoyan un hallazgo científico. Se podría decir, entonces, que la correspondencia es como la nota al margen o el pie de página de la actividad científica.

Por otro lado, las cartas son *fieles*; al igual que la fotografía, “son registros furtivos de los recuerdos” (Ramón y Cajal, 1912), ya que expresan emociones, nos acercan a las circunstancias personales y anímicas que rodearon al investigador en un momento determinado.

Se concluye que las cartas científicas de Ramón y Cajal, analizadas en este trabajo, cumplieron realmente una labor científica, en primer lugar, por su contenido: métodos de tinción, preparaciones, dibujos y hallazgos histológicos; en segundo lugar, porque los debates que se fomentaron en ellas contribuyeron a cimentar la teoría neuronal; en

tercer lugar, porque anticiparon hallazgos científicos, lo que permitió configurar un conocimiento entre varios investigadores; y, finalmente, porque se correlacionan con las publicaciones, lo que implica, en última instancia, el lugar en el que un investigador da testimonio de su quehacer científico.

Las cartas están muy bien conservadas; a pesar de ello, son difíciles de leer dada la caligrafía personal de los científicos, las condiciones de la escritura y el estilo en el que se escribieron. Es importante hacer énfasis en que el estudio de las cartas tuvo en cuenta el contexto histórico de su producción; para ello se tuvo que respetar el idioma de su tiempo, las circunstancias geográficas y sociales.

A simple vista podemos ver que la correspondencia de Cajal es muy extensa y variada, tiene muchos contenidos diferentes y matices personales que dificultan la realización de análisis específicos. La metodología utilizada en este trabajo, que consistió en seguir un tema en las cartas seleccionadas para ubicarlas en la categoría de científicas, mostró ser la adecuada porque permitió centrar la atención en dicho tema, sin dilaciones por la multitud de aspectos tratados en una correspondencia que abarca cuarenta y ocho años de la vida de un investigador destacado y un personaje importante en la cultura española. El separar los temas científicos de los demás contenidos de las cartas y el utilizar una base de datos para la búsqueda, hizo posible filtrar notablemente el gran volumen de información que se mueve en una correspondencia de más de 2000 documentos, con unos 6000 registros (hojas) en promedio, conservados en el Museo Cajal, y permitió profundizar y analizar temas que, de otra manera, habrían sido imposibles de tratar en un universo de información. ■

Referencias

- Golgi, C. (1886), "Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervioso", en Ramón y Cajal S. (1891d), *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*, Madrid, Alianza.
- Kölliker, R. (1890a), "Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems", en *Zeitsch. F. Wissenschff, Zoologie*, Bd, 49, H. iv.
- (1890b), "Das Rückeinhirn", en *Zeitsch. F. Wissenschaff, Zoologie*, Bd, 51, H. i.
- (1890c), "Der feinere Bau des verlängerten Mar- quez" en *Anat. Anzieger*, Bd. IV, N. 14 u15.
- Lenhossék, von M. (1890), *Hinterwurzel und Hinterstrange. Mitteilung aus dem Anatomisch, Institut im Vesalianum*, Basel.
- (1891a), "Die sensibeln nerven des Regenwurms", en *Verläuff Mittheilung*, Basel.
- (1891b), "Neuere Forchungen ueber den feineren Bau der Nervensystems", en *Corresponzblatt f. Schweinzer Arzte*, Jahrg. 21.
- (1891c), "Der feinere Bau der Nervensystems im Lichte neuester Forschungen", en *Fortschrift. d. Med.* Bd. x, 1892.
- (1892a), "Ursprung, verläuf und Endigung der sensibeln nervenfasern beim Lumbricus", en *Arc. F. Mikros Anat.*, tomo xxxix.
- (1892b), "Der feinere Bau der Nervensystems im lichte neuester Forsungen", en *Fortschrift. D. Med.*, tomo x.
- Quintana, R. (2001), *La memoria documental de Benito Pérez Galdós. "Curso sobre Gestión de legados históricos del patrimonio cultural: legado Santiago Ramón y Cajal"*, Madrid, Museo Ramón y Cajal, Instituto Cajal (csic).
- Ramón y Cajal, S. (1888a, mayo), "Estructura de los centros nerviosos de las aves", en *Revista trimestral de histología normal y patológica*, pp. 313-314.
- (1888b, mayo), "Morfología y conexiones de los elementos de la retina de las aves", en *Revista trimestral de histología normal y patológica*, pp. 11-16.
- (1888c, mayo), "Sobre las fibras nerviosas de la capa molecular del cerebelo", en *Revista trimestral de histología normal y patológica*, pp. 3-49.
- (1888d, agosto), "Estructura de la retina de las aves", en Ramón y Cajal S. (1891d), *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*, Madrid, Alianza, p. 355.
- (1889a), "Coloración por el método de Golgi de los centros nerviosos de los embriones de pollo y Nuevas aplicaciones del método de coloración de Golgi", en Ramón y Cajal S. (1891d), *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*, Madrid, Alianza, p. 356.
- (1889b, marzo), "Estructura de los lóbulos ópticos de las aves y origen de los nervios ópticos", en *Revista trimestral de Histología normal y patológica*, pp. 65-68.
- (1889c, mayo), "Contribución al estudio de la médula espinal", en *Revista trimestral de Histología normal y patológica*, pp. 79-106.
- (1889d), "Nota preventiva sobre la estructura de la médula embrionaria", en Ramón y Cajal S.
- (1889e), "Conexión general de los elementos nerviosos", en *La Medicina Práctica*, Madrid.
- (1890a), "Sobre la aparición de las expansiones celulares de la médula embrionaria", en *Gac. Med. Cat.*, núm. 2, pp. 413, 419.
- (1890b), "¿A quelle époque apparaissent les expansions des cellules nerveuses de la moëlle épinière du poulet?", en *Anat. Anz.*, núm. 5, pp. 609-613, 631-639.
- (1891a), "Significado fisiológico de las expansiones protoplasmáticas y nerviosas de la sustancia gris", en Ramón y Cajal S. (1891d), *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*, Madrid, Alianza, p. 358.
- (1891b, agosto), "Pequeñas contribuciones al conocimiento de las células nerviosas", en *Trab. Lab. Histol. Fac. Med. Barc.*, pp. 1-56.
- (1891c, diciembre), "Notas preventivas sobre la retina y gran simpático de los mamíferos", en Ramón y Cajal S. (1891d), *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*, Madrid, Alianza, p. 358.
- (1891d), *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*, Madrid, Alianza, p. 356.
- (1892a), "Nuevo concepto de la histología de los centros nerviosos", en *Cienc. Méd.*, Barcelona, 18.
- (1892b), "La rétine des Vertébrés", en *La Cellule*, vol. 9, núm. 1, pp. 121-255.
- (1894a), "La fina structure des centres nerveux", en *Proceeding of the Royal Society*, vol. 55.
- (1894b), "Consideraciones generales sobre la morfología de la célula nerviosa. Congreso de Roma", en *La Veterinaria Española*, núms. 1320-1322, p. 257.
- (1894c), *Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l'homme et chez les vertébrés. Edition française. L. Azoulay. Préface de Mathias Duval*, Paris, C. Reinwald & Cie.
- (1895), "Algunas conjeturas sobre el mecanismo anatómico de la ideación, asociación y atención", en *Rev. Med. Cirug. Prác.*, núm. 36, pp. 497-508.
- (1896a), "Nouvelles contributions a l'étude histologique de la rétine et a la question des anastomoses des prolongements protoplasmatique", *Journ. L'Anat. et la Physiol*, núm. 32, pp. 481-543.
- (1896b), "Estructura del protoplasma nervioso", en *Rev. Trim. Microg*, núm. 1, pp. 269-198.

- (1896c), “Las colaterales y bifurcaciones de las raíces posteriores de la médula espinal demostradas con azul de metileno”, en *Revista de clínica y de terapéutica y de farmacia*, núm. 10, pp. 3-8.
- (1896d), *Beitrag zur studium der medula oblongata, des Kleinhirns und des Ursprung des gehirnnernen*, Leipzig, Librería de Ambrosius Barth.
- (1896e), “Las espinas colaterales de las células del cerebro teñidas con el azul de metileno”, en *Rev. Trim. Microg.*, núm. 1, pp. 123-136.
- (1897), “Leyes de la morfología y dinamismo de las células nerviosas”, en *Rev. Trim. Microg.*, núm. 2, pp. 1-12.
- (1898), “Estructura del quiasma óptico y teoría general de los entrecruzamientos nerviosos”, (1891d), *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*, Madrid, Alianza, p. 361.
- (1901), “Significación probable de las células nerviosas de cilindro-eje corto”, en *Trab. Lab. inv. Biol.*, tomo 1, pp. 151-158.
- (1902), “Estudios sobre la corteza cerebral humana”, en *Revista Trimestral Micrográfica*.
- (1903), “Sobre un sencillo proceder de impregnación de las fibras interiores del protoplasma nervio”, en *Archivos latinos de medicina y de biología*, núm. 1, pp. 1-8.
- (1904), *La textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados*, tomo II, Madrid, Imprenta Nicolás Moya.
- (1908), “L’hypothèse de la continuité d’Apáthy réponse aux objections de cet auteur contre la doctrine neuronale”, en *Trab. Lab. Inv. Biol.*, núm. 6, pp. 21-89.
- (1909), *Histologie du système nerveux de l’homme et des vertèbres*, París, Maloine.
- (1913-1914), *Estudios sobre la degeneración y regeneración del sistema nervioso*, Madrid, Imprenta Hijos de Nicolás Moya.
- (1923), *Recuerdos de mi vida historia de mi labor científica*, tomo II, Madrid, Imprenta y Librería de Nicolás Moya.
- (1935a), “Die Neuronenlehre”, en *Handbush f. Neurologie*, vol. 1, pp. 887-994.
- (1935b), “Neuronismo o reticularismo”, en *Archivos de Neurología*, tomo XIII, Madrid.
- (1934a), “Neuronismo o reticularismo”, en *Travaux du Laboratoire de Recherches Biologiques de l’Université de Madrid*, núm. 29, pp. 1-137.
- (1934b), “Die Neuronenlehre und die péríterminalen Netze Boeke’s”, en *Arch. f. Psych. u. Nervenk.*, núm. 102, pp. 322-332.
- Retzius, G. (1890), “Zur Kenntnis des nervensystems der crustacean”, en *Biol. Unters. Neue Folge*. Bd. 1. Stockholm.
- Waldeyer, W. (1891), “Ueber einige Forschungen im gebeite der Anat. Des Centralnervensystem”, en Ramón y Cajal S. (1891d), *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*, Madrid, Alianza, p. 109.