Homenaje a don Santiago Ramón y Cajal



Salamanca por Cajal

y la Ciencia

Cuarenta y siete miradas y una declaración
sobre el hombre que dibujó el pensamiento

Amicus Certus

Ilustración: Antonio Diu

Salamanca por Cajal y la Ciencia

Salamanca por Cajal y la Ciencia

Homenaje a don Santiago Ramón y Cajal

Amicus Certus

Salamanca por Cajal y la Ciencia.
Homenaje a don Santiago Ramón y Cajal

Editor: José Francisco Adserias Vistué
© de cada capítulo, su autor
© de esta edición, Amicus Certus

Cada capítulo se publica con autorización expresa de su autor.
Ilustración de cubierta: Antonio Diu.
Fotografía del II Homenaje: JMGavilán.

Primera edición: 2026.

Edición digital gratuita en amicuscertus.es. No se permite su venta.
Las ediciones impresa y Kindle están a la venta en Amazon.

A Isidro Sánchez-García,
que creyó en esto cuando no era nada.

Y a la memoria de David Jiménez Gil,
de ZEISS*, muerto en el accidente de Urda*
el 28 de octubre de 2026.

Trabajó con nosotros en los dos primeros homenajes,
y su oficio era que otros pudieran ver.

Y a todas las víctimas de Urda.

Índice

Razón de este libro **viii**

1 Cajal y su época **1**

2 Ramón y Cajal o el triunfo de la voluntad **6**

3 Santiago Ramón y Cajal y el acoso escolar **11**

4 Cajal y la forma física **15**

5 Cajal y la honradez **20**

6 Santiago Ramón y Cajal y la fotografía **25**

7 Santiago Ramón y Cajal y sus Cuentos de vacaciones. Narraciones pseudocientíficas **30**

8 Cajal, abogado defensor **34**

9 La visión dual de Santiago Ramón y Cajal: explorando la intersección entre ciencia y fotografía **38**

10 Santiago Ramón y Cajal y los modelos educativos **42**

11 R y C: Reglas y consejos, Ramón y Cajal **47**

12 Cajal y los investigadores **51**

13 Ramón y Cajal, de profesión histólogo **55**

14 Cajal, las enfermedades neurodegenerativas y el cáncer **59**

15 Santiago Ramón y Cajal y la investigación científica 61

16 El olfato antes y después de Cajal 64

17 Cajal y el inicio de las investigaciones sobre factores neurotróficos 70

18 Cajal y el desarrollo del sistema nervioso 74

19 Mujeres neurocientíficas en la Escuela de Cajal 78

20 Cajal y los nacionalismos 82

21 Cajal, un ciudadano ejemplar 86

22 Cajal y la psicología científica: mucho más que el descubrimiento de la neurona 90

23 La influencia de Ramón y Cajal en la Inteligencia Artificial moderna 94

24 Cajal como «influencer» 98

25 Progresar con Cajal: curiosidad, consciencia y comunidad 101

26 Consejos de un sabio a los jóvenes investigadores 106

27 Un discípulo salmantino de Cajal: Domingo Sánchez y Sánchez 109

28 Sobre el cáncer, mis mariposas del alma y su conexión con Cajal 112

29 Anterioridad no es prioridad: el cólera de 1885 y la Guinea de 1909 118

Trabajos premiados

I Homenaje · 2024

Cajal y la Inteligencia Artificial 125

Una relación para la historia 131

Los parásitos en tiempos de Cajal **134**

La Casa de Cajal **139**

Santiago Ramón y Cajal era divulgador. Un aspecto que me gusta **140**

De Ramón y Cajal a ChatGPT: cómo la investigación de este ilustre científico dio paso a la revolución de la IA **143**

II Homenaje · 2025

Cajal y la Inteligencia Artificial **148**

Cajal y los parásitos: ¿quién domestica a quién? **153**

Cajal, los parásitos invisibles y la autoinmunidad: una sinfonía de ciencia y arte **157**

La fuerza de un recuerdo **162**

Santiago Ramón y Cajal. La génesis de su primer texto docente de Histología **166**

Las mariposas del aula **170**

Ciencia y arte al servicio de la educación universitaria **174**

La elegancia de Cajal **178**

III Homenaje · 2026

Ramón y Cajal y la enseñanza universitaria **181**

Ramón y Cajal y la enseñanza universitaria: aprender a ver, pensar y crear **185**

Enseñar a ver: la lección eterna de Cajal **191**

Santiago Ramón y Cajal y la enseñanza universitaria **195**

Fotos de familia **201**

Apéndice · Declaración de Salamanca por la Ciencia **204**

Razón de este libro

Estos veintinueve textos existían antes que este libro. Se escribieron para el I Homenaje «Salamanca por Cajal y la Ciencia», celebrado en el Teatro Liceo el 10 de abril de 2024, y debían formar una monografía que no llegó a imprimirse. Los autores habían cumplido; faltaba el libro. Lo que sigue es, simplemente, el libro que faltaba.

No es una recopilación de actas. Varios capítulos se han publicado y pulido después en el archivo digital del Legado, y es esa versión mejor la que aquí se recoge. Otros se imprimen por primera vez. Ninguno se ha retocado en el fondo: la mano del editor se ha quedado en la ortotipografía, en el cotejo de las fechas y en devolver a cada cita su fuente. Donde el texto de un autor y el dato comprobable no coincidían, se ha avisado al autor, nunca corregido a sus espaldas.

Tres ediciones del homenaje han pasado desde entonces —2024, 2025 y 2026—, y han dejado un rastro que ningún índice recoge. Conviene decir a quién pertenece.

A los **ponentes**, que aceptaron una regla incómoda —diez minutos, una idea, sin red— y la cumplieron. Setenta y cuatro intervinieron en la primera edición; una treintena en la segunda; y la tercera, dentro del Salamanca Tech Summit de abril de 2026, volvió a llenar el programa. Ninguno cobró.

A la **Presidencia de Honor** de la segunda edición, que ostentó S. M. la Reina doña Sofía. Y a los **Presidentes de Honor** del homenaje, doña María Urioste Ramón y Cajal, III Marquesa de Ramón y Cajal y bisnieta de don Santiago, y don Andrés Chordi Corbo, Premio del Patronato «Santiago Ramón y Cajal» del CSIC de 1969: presidieron la primera edición y la tercera, y fueron Miembros de Honor en la segunda.

A los **comités científico y organizador** de las tres ediciones, que leyeron, descartaron, ordenaron y sostuvieron el calendario: veintiún

miembros en el comité científico de 2024 y treinta en el de 2025; cuatro personas en el comité organizador de la primera edición y trece en el de la segunda. El trabajo de un comité no se ve nunca, y es el que decide si una jornada se parece a lo que prometía.

A las **autoridades y a las instituciones** que abrieron las puertas desde la primera edición: al Excelentísimo Ayuntamiento de Salamanca, a la Universidad de Salamanca, a la Universidad Pontificia de Salamanca y a la Fundación Ramón Areces. Y al Teatro Liceo, que nos dio su escenario.

A ZEISS, que creó los Premios D. Santiago Ramón y Cajal y entregó a cada premiado una réplica del Stative II de 1857, uno de los microscopios más antiguos de la casa. Más de un siglo después del que la Diputación de Zaragoza regaló a Cajal, la misma firma volvía a poner un microscopio en manos españolas. Quien subía al escenario a entregarlos era David Jiménez Gil.

Y a las **sociedades científicas y a las entidades públicas y privadas** que sostienen este homenaje. Casi sesenta se sumaron a la segunda edición —colegios profesionales, fundaciones, empresas, centros educativos, institutos y hospitales—, y son ellas las que convierten una jornada en una red.

Y a los **asistentes**, los que ocuparon las 547 localidades del Liceo y los que siguieron las jornadas en línea desde lugares que no sabíamos nombrar. Un homenaje sin público es una ceremonia; con público es un acuerdo. Son ellos los que decidieron, sin que nadie se lo preguntara, que esto se repitiera tres veces.

Y a la familia de don Santiago, que ha prestado a las tres ediciones su nombre y su presencia. Al presentar a la Marquesa en el Palacio de Congresos se dijo en voz alta quién es: bisnieta del Nobel, nieta de Jorge Ramón Fañanás —el hijo de Cajal que cofundó el primer laboratorio privado de vacunas de España— e hija de la tercera marquesa, que vivió con don Santiago hasta los quince años. Cuatro generaciones de la familia en un solo galardón. Un apellido así se cuida guardándolo o se cuida prestándolo; ellos han hecho lo segundo, y sin ellos esto habría sido un acto sobre Cajal en lugar de un acto con Cajal dentro.

Nada de aquello se quedó en una jornada. De la tarde del Liceo salieron otras dos ediciones y una cuarta en camino, dentro del Salamanca Tech Summit; los Premios D. Santiago Ramón y Cajal; cursos gratuitos que hoy siguen abiertos; un archivo digital que publica estos textos y lleva la cuenta de lo que se hace en el mundo en nombre

de Cajal, y actividades de calle sobre ciencia y cáncer, por encargo del Alcalde, para quien quiera acercarse. Lo que viene está en el calendario de ese archivo, y es más de lo que cabe aquí.

Y un catálogo de premios que nadie había planeado, que empezó por abajo, que es por donde deben empezar las cosas, y acabó arriba. Abajo: el I Premio D. Santiago Ramón y Cajal en Educación Especial, compartido en 2024 entre el Centro Ocupacional El Cueto, de asprodes, y el Centro Ramón y Cajal de aspace Navarra —de donde salió «Don Santiago y Neuri», una obra de teatro negro levantada por veintiún artistas—, y los Premios Escolares, con sus dos ediciones. Arriba: el Premio D. Santiago Ramón y Cajal de Trayectoria Científica, otorgado con ZEISS, que en sus dos ediciones recayó en Adolfo García-Sastre y en Juan A. de Carlos, los dos autores de este libro; el de Catedrático de Histología, con la Sociedad Española de Histología e Ingeniería Tisular; el de Neurociencias de la Audición, con Segraud; y, en 2026, el Premio Marquesa de Ramón y Cajal, instituido por la propia Marquesa: una escultura en hierro forjado de César Castaño, entregada *ex aequo* a tres, entre ellos el Excelentísimo Ayuntamiento de Salamanca y, a quien este libro está dedicado, Isidro Sánchez-García. Cada uno existe porque una entidad o una sociedad científica decidió poner su nombre junto al de Cajal.

Queda una deuda y una petición. La deuda es con los autores cuyos capítulos no han podido incluirse, por razones que son del editor y no suyas. La petición no es mía: está al final de este libro, en la Declaración de Salamanca por la Ciencia, firmada en esta ciudad el 10 de abril de 2024. Pide dos cosas concretas —que el 17 de octubre, aniversario de la muerte de don Santiago, sea el Día de Cajal y de la Ciencia, y que se alce un Museo Cajal— y las sigue pidiendo. Reproducirla aquí es la única forma que tiene un libro de insistir.

Y queda una petición más, que no está en ninguna declaración y es la más modesta de las tres: **que Cajal vuelva a salir en los libros de texto**. Un día en el calendario y un museo los concede un Estado. Ésta la conceden los maestros, de uno en uno, y por eso puede llegar antes.

Cajal escribió que los descubrimientos científicos son una labor colectiva en la que con frecuencia es difícil atribuir el mérito a un sabio determinado. Este libro también.

José Francisco Adserias Vistué

Salamanca, noviembre de 2026

Capítulo 1

Cajal y su época

Eliseo Carrascal Marino

Cajal nace el 1 de mayo de 1852, en Petilla de Aragón. En Europa se produce durante la segunda mitad del siglo xix un rápido crecimiento económico, la intensificación del comercio y el progreso técnico junto a la consolidación del poder de la burguesía. El proletariado, se organiza, aparece la 1.ª Internacional de Marx, y los primeros sindicatos.

España vive un atraso considerable en todos los aspectos, junto a una situación política muy complicada. Isabel II, Reina de España desde 1856.

Corría el año 1861. Cuando Cajal, próximo a cumplir diez años de edad, su padre decidió llevarle a estudiar el bachillerato a los Escolapios de Jaca. Por enero o febrero de 1864, su padre, desengañado del método de enseñanza de los frailes, lo traslada al Instituto de Huesca.

(Con 16 años) «*Al final de aquel verano del 1868 nos sorprendió la famosa revolución de septiembre, llamada la Gloriosa*».

Se inicia el período denominado Sexenio Democrático (1868-1874). «*En Ayerbe, villa de 600 vecinos, mis paisanos se sublevaron también, proclamando el credo progresista y creando, a imitación de las capitales, la indispensable Junta revolucionaria.*»

Isabel II, se exilia, y abdica en 1870. Cajal escribe: «*Pese a los entusiastas de las llamadas libertades modernas y a los empingorotados y orondos paladines del individualismo, empeñados en no ver el abismo psicológico que separa las clases intelectuales de los infelices esclavos del trabajo manual, éstos creerán siempre que libertad es sinónima de bienestar*».

Uno de los primeros logros de la Revolución es la Constitución de 1869, considerada la primera democrática de nuestro país.

A propuesta del general Prim, las Cortes, el 16 de noviembre de

1870, eligieron al italiano Amadeo de Saboya, como rey de España. Los carlistas iniciaron la guerra en Cataluña, Valencia y País Vasco. Cuba se sublevó. En las ciudades hubo revueltas obreras y alzamientos republicanos.

En 1870, con 18 años, su familia se traslada a Zaragoza. Empieza la carrera de medicina. «*A decir verdad sólo estudié con esmero la Anatomía y la Fisiología;... A lo que debió quizá contribuir algo cierto ministro de la Gloriosa, quien, por devoción al igualitarismo democrático, redujo las calificaciones de exámenes a dos: aprobado y suspenso. Confieso que jamás he logrado comprender la ventaja educativa de la supresión de las notas*». « *¿Qué mal hay en fomentar la emulación y hasta la vanidad misma?*».

En 1873 con 21 años, Cajal termina la carrera en Zaragoza, coincide con la dimisión de Amadeo I, y la Proclamación de la Primera República. Francisco Pi y Margall.

Pronto nacieron las primeras tensiones entre las distintas facciones republicanas. A la pugna entre los partidarios de un sistema unitario y los que abogaban por un Estado federal con un ala radical los llamados federalistas «intransigentes» triunfando estos.

Entre julio de 1873 y enero de 1874 varias regiones se declaran independientes. Con bandera e incluso moneda propia como Cartagena. En 1874 Salmerón tuvo que deshacer el independentismo generalizado.

1873, Cajal fue llamado a filas para prestar servicio militar obligatorio en la llamada «Quinta de Castelar». Ingresa en el Cuerpo de Sanidad Militar. Recibió la orden de incorporarse al regimiento de Burgos, que estaba de operaciones en la provincia de Lérida contra los carlistas.

«*En las casas donde se celebraban reuniones, y hasta en las familias más modestas, las señoritas tenían a gala hablar castellano, y se desvivían por hacer agradable nuestra estancia. Consideraban el catalán cual dialecto casero, adecuado no más a la expresión de los afectos y emociones del hogar. Y este sentimiento de adhesión al ejército y de cariño a España no era privativo de las modestas villas del llano de Urgel y del Priorato, agradecidas a nuestra protección; surgía espontáneamente en todas las provincias catalanas*».

El Gobierno republicano español se tuvo que enfrentar además de la tercera guerra carlista, en el norte, a una guerra civil en Cuba, en la que españoles luchaban contra españoles pues en las Antillas no había población nativa.

España 1874, Fin de la primera república. Alfonso XII, hijo de Isabel II, fue rey de España entre 1874 Y 1885. la conflictividad obrera disminuyó en gran medida, el cantonalismo desapareció y los repu-

blicanos callaban tras el fracaso de la Primera República.

En abril de 1874, en plena Guerra Independentista cubana, Cajal recibió la orden de traslado a Cuba. Asciende a capitán y embarca en Cádiz. Enferma, de paludismo. En 1875, regresa a España.

1878: Hace en Madrid sus primeras oposiciones a cátedra de Zaragoza y Granada. Fracasa y entra en un estado depresivo. «*a fines de 1879, tomé la resolución de casarme,*»

En 1883: Gana la cátedra de Anatomía descriptiva de la Universidad de Valencia. «*Fui cordialmente acogido en la Facultad de Medicina*». «*Me hice socio del Ateneo Valenciano, el Casino de la Agricultura, en él, organizamos una Sociedad gastronómica deportiva, rotulada humorísticamente el el Gaster-Club, un Comité de investigaciones psicológicas… practica el hipnotismo*».

Tras la prematura muerte del Rey (con tan solo 27 años), en 1885, Queda de regente su esposa María Cristina

En 1887 accede a la Cátedra en Barcelona por concurso de méritos. «*En Barcelona encontré no sólo el sereno ambiente indispensable a mis trabajos, sino facilidades imposibles en Zaragoza*».

«*Precisamente, durante los primeros años pasados en la Ciudad Condal aparecieron las más importantes de mis comunicaciones científicas*». En los primeros meses de 1887 fue presentado en la tertulia del Café de Pelayo.

La Sociedad anatómica celebraba en 1889 sus sesiones en la Universidad de Berlín. Acude a ella, obtiene un gran éxito y escribió: «*Llenome de asombro el saber que los profesores eran escogidos casi libremente, sin oposición ni concurso, Los alumnos, nada de exámenes, si no es al final de la carrera*».

1892: Obtiene la cátedra de Histología, de Madrid. «*Madrid es ciudad peligrosísima para el provinciano laborioso y ávido de ensanchar los horizontes de su inteligencia… los variados espectáculos teatrales y otras mil distracciones seducen y cautivan al forastero*».

«Hallé en el Café de Levante, una peña de antiguos camaradas, asistí a la peña del Café Suizo reunión de rancio y glorioso abolengo».

En febrero de 1894 es invitado por el Dr. Forster, secretario de la Sociedad Real de Londres a dar unas charlas, recibe numerosos agasajos y conoce las universidades inglesas. «*¡Qué desencanto al llegar a nuestro Madrid, donde, se ofrecen a la máxima cultura española los peores edificios docentes… ver a nuestros estudiantes aislados, sin espíritu corporativo, desperdigados en ruines, insalubres y sórdidas casas de huéspedes,*

y entregados a una libertad muy parecida al abandono; y a los profesores mismos, encastillados en sus cátedras como lechuzas en campanario».

España en 1898 inicia la Guerra hispano-estadounidense. Tratado de París: Cuba se independiza; Filipinas y Puerto Rico pasan a formar parte de los Estados Unidos. Al año siguiente es invitado por la Universidad americana de Worcester (Clark University), Se plantea no ir por patriotismo, pero decide ir, es muy bien tratado y concluye. «*Considero, sin embargo, como principales resortes dos cosas totalmente descuidadas en España y en los países de nuestra estirpe: la educación del patriotismo y la inoculación intensiva del espíritu de solidaridad».*

En 1902 se proclamó mayor de edad a Alfonso XIII, dando comienzo su reinado que duró hasta 1931. Durante el bienio de 1905-1906 le conceden: La medalla de oro de Helmholtz y el premio Nobel. Felicitaciones y agasajos a granel. «Mi viaje a Estocolmo: ceremonias, festejos y discursos. Miseria de nuestra representación diplomática».

Moret, pretende hacerme ministro de Instrucción pública, asombro de algunos politicastros al saber que rechazaba tan codiciada prebenda aunque en 1910: Canalejas le nombra senador vitalicio.

«A partir de 1917, se constata una descomposición interna del régimen político canovista de la restauración, caracterizado por la atomización en bandos personalistas de los partidos políticos, el alza de los movimientos subversivos desde las juntas militares, el pistolerismo a sueldo y los comités revolucionarios y por último el descontento generalizado de la población».

Cajal lo mismo comía un día con el Rey Alfonso XIII que paseaba por Atocha con Juan Negrín, gran amigo suyo.

El 14 de abril de 1931: tras las elecciones municipales se proclama en España la Segunda República y el Comité. Francesc Macià proclama el Estado catalán e invita a las demás regiones a organizar un Estado federal. El 11 de mayo: unos veinticuatro conventos, colegios y centros católicos a nivel nacional son incendiados.

El Bienio social-azañista (1931-1933). El nuevo gobierno se formó tras la elección de Niceto Alcalá Zamora como presidente de la República, quien confirmó a Manuel Azaña como presidente del Gobierno. La primera medida que tomó fue el Decreto de 23 de enero de 1932 consistente en la disolución de la orden de los jesuitas y la nacionalización de la mayor parte de sus bienes. El número de huelgas y de incidentes violentos crearon graves problemas de orden público, se fue incrementando a lo largo del primer bienio de la República.

En septiembre de 1932 se aprueba el estatuto de autonomía de Ca-

taluña. Cajal escribe: «… *cada día aparecen síntomas menos tranquilizadores. Descuellan entre ellos la catalanización de la Universidad; los ultrajes reiterados a la sagrada bandera española; las manifestaciones francamente antifascistas, pero en realidad francamente separatistas con los consabidos mueras a España, por nadie reprimidos; el cántico retador, aun en manifestaciones ajenas a la política, de Els Segadors; el hecho incuestionable de que son o fueron separatistas los gobernantes de la Generalidad…*»

«*Ni olvidemos que el alzamiento antimonárquico se produjo en Cataluña a los gritos de ¡Viva la república catalana! Aún hoy se profieren con cualquier pretexto hasta en plena Generalidad.*»

(Fragmentos extraídos de las obras autobiográficas de Cajal)

Muere Cajal el 17 de octubre de 1934, Madrid

Capítulo 2

Ramón y Cajal o el triunfo de la voluntad

José Antonio Hernández de la Moya

Don Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) está considerado el padre de la Neurociencia moderna**;** también un polímata que se interesó por la naturaleza, la pintura y fotografía, el culturismo, el hipnotismo, el ajedrez, la escritura, la medicina, el pensamiento crítico, la investigación y la gestión educativa y científica. Obtuvo el Premio Nobel de Medicina en 1906 en reconocimiento de su trabajo sobre la estructura del sistema nervioso. Además de gran científico —algunos estudiosos de su obra le sitúan en el ranking de los cinco o diez científicos más revolucionarios de la ciencia mundial— fue también un excelso humanista, cabeza de la llamada «Generación de sabios», de acuerdo con el apelativo del médico, historiador, ensayista y filósofo español, Pedro Laín Entralgo, por protagonizar el despegue de la ciencia española. Hoy, además de ser considerado como el arquetipo de la ciencia española y un profeta en su tierra que goza del máximo reconocimiento académico y popular— lidera, junto con Cervantes, el ranking de las calles dedicadas en toda España a su memoria— sigue vivo en el inconsciente colectivo universal, para animar al mundo a seguir la senda del conocimiento, la ciencia, el desarrollo humano y tecnológico, con el elevado propósito de hacerlo más próspero, solidario, armonioso y feliz.

En contra de lo que nos pueda parecer, la vida de Don Santiago Ramón y Cajal no fue la de un genio, sino la de un trabajador incansable dispuesto alcanzar su más elevado propósito: Demostrar con gran precisión la estructura del sistema nervioso humano y la existencia de las neuronas; una innovadora teoría que sentó las bases para la neurobiología moderna. El propio Cajal sintetizó lo que fue su vida de este modo sublime: «Es la vulgarísima historia de una voluntad indomable resuelta a triunfar». De ahí que subrayara el error

que suelen cometer muchos biógrafos al atribuir los grandes logros y conquistas de ilustres sabios al genio antes que al trabajo. Exactamente dejó escrito: «A la voluntad, más que a la inteligencia se enderezan nuestros consejos, porque tenemos la convicción de que aquélla es tan educable como ésta, y creemos además que toda obra grande, en arte como en ciencia, es el resultado de una gran pasión puesta al servicio de una gran idea».

«Nací el 1 de mayo de 1852 en Petilla de Aragón —relata en su autobiografía *Recuerdos de mi vida*—, humilde lugar de Navarra, enclavado por singular capricho geográfico en medio de la provincia de Zaragoza, no lejos de Sos. Los azares de la profesión médica llevaron a mi padre, Justo Ramón Casasús, aragonés de pura cepa y modesto cirujano por entonces, a la insignificante aldea donde vi la primera luz, y en la cual transcurrieron los dos primeros años de mi vida».

También, en contra de lo que nos pueda parecer, la infancia y juventud del futuro Premio Nobel de Medicina, no fue idílica. Santiago Ramón y Cajal era un chico indisciplinado, inclinado a las peleas y que rehuía de los estudios. Al parecer, dio muchos quebraderos de cabeza a sus padres, Don Justo y Doña Antonia. Con tan solo once años fabricó un cañón de madera con el que practicó un agujero enorme en la puerta de un vecino, un ilícito penal castigado con tres días en un calabozo. El propio Cajal, haciendo una retrospectiva de su vida, calificó estos tiernos momentos de su vida con estos duros adjetivos: Criatura díscola, excesivamente misteriosa, retraída y antipática. Una impronta que continuó durante su madurez: «Perdura en mí algo de esa arisca insociabilidad —escribió en *Recuerdos de mi vida*— tan censurada por mis padres y amigos».

Su educación e instrucción comenzaron en Valpalmas (Zaragoza), cuando tenía cuatro años. Aquí aprendió los primeros rudimentos de las letras; si bien, como él mismo escribió, «mi verdadero maestro fue mi padre, que tomó sobre sí la tarea de enseñarme a leer y a escribir, y de inculcarme nociones elementales de geografía, física, aritmética y gramática»; y con seis años, «escribía correctamente y con pasadera ortografía».

La adolescencia trajo para Santiago un descenso gradual de sus fechorías. Su padre lo matriculó en el Instituto de Huesca, hoy IES Ramón y Cajal. En el inicio del tercer curso de bachillerato mostraba poco interés por la Historia, la Psicología, la Lógica y la Historia Natural; así que su Don Justo decide matricularlo en «la escuela de

la vida», poniéndolo como aprendiz de zapatero en Gurrea de Gallego (Huesca), una aldea donde reside la familia. Tras un año perdido desde el punto académico, poniendo suelas y cosiendo botines, su padre considera que había aprendido la lección y, llegando a un pacto con su hijo, le matricula en dibujo, con la condición de que se aplicara en los estudios. Terminó esta etapa aprobando todas las asignaturas del bachillerato, no sin antes hacer una de las suyas: un graffiti de la caricatura de un profesor en una tapia recién encalada. Fue el final de una etapa y el principio de otra, que Ramón y Cajal recordó de este modo:

«Aprobadas todas las asignaturas de bachillerato y hechos los ejercicios del grado, mi padre, decidido más que nunca a hacer de su hijo un galeno, me acompañó a Zaragoza, matriculándome en las asignaturas del año preparatorio».

En 1873, con 21 años, Santiago Ramón y Cajal terminó con éxito la licenciatura de Medicina. Poco después, el joven médico ingresó en el Cuerpo de Sanidad Militar, tras aprobar las oposiciones convocadas por el Gobierno de la Primera República. Su primer destino fue los Llanos de Urgell (Lérida), donde en ese momento el Regimiento de Burgos combatía contra los carlistas. Para el joven Santiago esta etapa fue breve y tranquila. Afortunadamente, no tuvo que presenciar combate directo y a su enfermería no llegaron heridos. Al año siguiente, en 1874, fue llamado a filas para ser destinado a Cuba, donde se libraba la guerra de los Diez Años para evitar la independencia de la isla. Aquí ejercería como capitán médico durante catorce meses llenos de penurias.

Este destino caribeño le llegó tras un sorteo realizado por el Gobierno de la República; pero, en lugar de rechazarlo, se alegró por ello: «Iba a cruzar el Atlántico, como los famosos y heroicos descubridores del Nuevo Mundo». Esta decisión no fue del agrado de su padre que le aconsejó que solicitara la licencia absoluta para no ir, dados los grandes riesgos, entre ellas la enfermedad y la muerte, que corría; además, Don Justo tenía miedo de que se olvidara de los extensos conocimientos sobre anatomía que había adquirido en sus años de formación, lo que perjudicaría su futuro. Sin embargo, el futuro premio Nóbel de Medicina, consciente de que la ley de la vida es la ley de la cooperación activa en vistas al bien común y que no existe causa que justifique la evasión de las exigencias vitales, desafió el consejo paterno con el siguiente razonamiento:

«Tenaz siempre en mis propósitos, atajé sus razones, diciéndole

que consideraba vergonzoso desertar de mi deber solicitando la separación del servicio. Cuando termine la campaña será ocasión de seguir sus consejos. Por ahora mi dignidad me ordena compartir la suerte de mis compañeros de carrera y satisfacer mi deuda de sangre con la patria».

Tristemente, el mal pronóstico de su padre para él se cumplió. La sobrecarga de trabajo, los ataques de los guerrilleros que luchaban por la independencia de Cuba y su enfermedad le llevaron a un agotamiento extremo; también tuvo que vérselas con las fauces de la muerte. Su hígado y su bazo se agrandaron de forma alarmante y empezó a acumular líquidos en el vientre. En estas graves circunstancias, el rey Alfonso XII, a propuesta del Consejo Supremo de la Guerra, le concedió la licencia absoluta, eximiéndole para siempre de su deber como capitán médico. Declarado oficialmente «inutilizado en campaña» volvió a España en junio de 1875, con un estado de salud muy delicado.

Las vivencias de Ramón y Cajal en Cuba fueron muy duras. Sobre ellas escribió: «En cuanto a mí, quedé tan escarmentado que jamás, ni aun habiendo pasado después varias veces en mis giras andaluzas cerca de la patria de Columela, he sentido tentación de visitarla». No obstante, de esta amarga experiencia vital comprendió definitivamente, en carne propia, la famosa frase de Goethe que afirma:«El talento se nutre en la soledad; el carácter se forma en las tempestuosas oleadas del mundo».

La vida y obra de Don Santiago Ramón y Cajal no fue un camino de rosas sino un triunfo de la voluntad; parecida —si admitimos la analogía— a la de un bambú japonés que, aunque requiere de los cuidados normales de cualquier semilla no sale de la tierra hasta pasados 7 años. Una vez que sale a la luz no para de crecer hasta que, en tan solo 6 meses, puede llegar a alcanzar una altura de 30 metros. Así que, antes de ser capaz de desentrañar los misterios de la estructura del sistema nervioso, proponer la teoría neuronal y demostrar que las neuronas son entidades separada e independientes que se articulan por contactos, obtener el Premio Nobel de Medicina, ser considerado el padre de la neurociencia moderna y dejar una huella imborrable por revelar los secretos del cerebro, tuvo que matricularse en la escuela de la dificultad, el esfuerzo y el tesón. «Precisamente —dijo de sí mismo— el índice de las altas mentalidades es su capacidad extraordinaria de trabajo».

Ciertamente, Cajal es un científico de primera fila; también un ser

humano excepcional que nos dejó un gran legado en el arte de vivir: «Si tienes plena conciencia de tu valer, desprecia el remoquete de tonto trabajador con que infaliblemente tratarán rivales y envidiosos de enfriar tus entusiasmos».

Seguramente, si fuera sorprendido en su estudio con su inseparable microscopio y preguntado por el secreto de su éxito, respondería como Pablo Picasso: «A mí, la inspiración, siempre me pilla trabajando». Luego, mirando hacia el infinito, pensando en las generaciones venideras, nos diría con total aplomo: «Todo ser humano, si se lo propone, puede ser el escultor de su propio cerebro».

Capítulo 3

Santiago Ramón y Cajal y el acoso escolar

Martha R. Villabona

Santiago Ramón y Cajal es el científico universal reconocido por sus descubrimientos revolucionarios en el campo de la neurociencia a finales del siglo xix y principios del XX. Su faceta de investigador y docente es ampliamente conocida, al igual que sus aficiones artísticas como la fotografía y el dibujo. Sin embargo, apenas se conocen con detalle experiencias vitales de Ramón y Cajal en su infancia, una de las cuales fue la de sufrir acoso escolar.

Antes de comenzar a relatar su experiencia como víctima, es necesario referirse brevemente al fenómeno del acoso escolar. Este consiste en comportamientos agresivos repetitivos, tanto físicos como psicológicos, dirigidos contra un individuo o un grupo, en el que se manifiesta un desequilibrio de poder. El acoso puede ser físico (golpear, empujar o lanzar objetos) o psicológico. Este englobaría el aislamiento social (no hablar, ocultar información, dejar fuera de los juegos o dar un papel disfuncional en el juego), la violencia mental (burlarse, imitar, dar respuestas sarcásticas hostiles o difundir afirmaciones falsas) o el uso opresivo de poder (amenazar, chantajear, aislar a otros, intimidar o tergiversar).

Ramón y Cajal narra sus propias historias de violencia escolar en su obra *Recuerdos de mi vida* (1923). Reflejan, como explicaremos a continuación, que fue víctima de acoso físico y psicológico cuando era niño y adolescente.

La infancia de Ramón y Cajal sucede en diferentes localidades (Petilla de Aragón, Luna, Valpalmas, Ayerbe, Jaca, Huesca y Zaragoza). Fue en Ayerbe cuando comienza a sufrir la primera experiencia de acoso escolar. Él mismo relata lo siguiente:

> Mi aparición en la plaza de Ayerbe fue saludada por una

> rechifla general de los chicos. De burlas pasaron a las veras. En cuanto se reunían algunos y creían asegurada su impunidad, me insultaban, me golpeaban a puñetazos o me acribillaban a pedradas.

Las posibles causas de este acoso físico y psicológico fueron su forma de vestir y de hablar:

> *¿Por qué esta imbécil aversión al chico forastero? Lo ignoraba y aún hoy no me lo explico bien. Creo, empero, ver en ella un efecto de esa sorda inquina, no siempre traducida en actos, que el labrador pobre siente contra el burgués y el hombre de carrera* [...]. *Mi facha, sin embargo, no podía inspirar recelos a los hijos del pueblo. Vestido humildemente* [...] *nadie me hubiera tomado como hijo de burgués acomodado. Pero yo no gastaba calzones ni alpargatas, ni ceñía con pañuelo mi cabeza, y esto bastó para que entre aquellos zafios pasara por señorito.*

Para acabar con esta situación, se adaptó a las formas del grupo, tanto que se convirtió en el cabecilla del grupo, como él mismo dice «sentí la necesidad de sumergirme en la vida social» con lo que acarreaba siendo un niño de 8 años o un «indio bravo» que «ejecuta antes que piensa», «afirmado en actos de pillaje y de vandalismo».

Cuando tiene 10 años, su padre le lleva a estudiar al colegio de los Escolapios de Jaca. Disfruta del ambiente estudiantil y de los compañeros, pero no le gustan los métodos pedagógicos, especialmente los del padre Jacinto, quien, además, se ensaña con él con castigos físicos por su falta de interés por el estudio. Después de dos años y debido a esta situación, su padre le traslada al Instituto de Huesca a mitad de curso donde sucede su siguiente experiencia de acoso escolar:

> Por suerte, en el Instituto de Huesca no se estilaban novatadas; pero en cambio había algo tan deplorable como ellas: el abuso irritante del fuerte contra el débil, y la guapeza y matonismo regulando los juegos y relaciones entre mozalbetes.

Más adelante continúa narrando:

> Yo tuve la desdicha de resultar antipático a los susodichos caciques, puesto que sin causa justificada, y desde

> mi aparición en los patios del Instituto, me maltrataron de palabra y obra [...]. Entre los que más abusaban de sus fuerzas para conmigo, recuerdo a un tal Azcón, [...].
>
> Este salvaje conoció bien pronto el flaco de mi carácter, y dispuesto siempre a gastar pullas y divertirse a mi costa, cuantas veces topaba conmigo en los alrededores del Instituto llenábame de improperios.
>
> *Entre otros motes, que yo en mi candidez estimaba mortificantes, púsome los de* italiano *y* carne de cabra. (*Este último remoquete dábase entonces por burla a todos los ayerbenses*).
>
> *Y en* crescendo *siguieran burlas y chirigotas si la cólera y el despecho, a duras penas reprimidos hasta entonces, no me hubieran obligado a volver por los fueros de la que yo creía dignidad ultrajada. Y, sin replicar palabra, lanceme como un tigre sobre Azcón y sus insolentes amigos, repartiendo a diestro y siniestro puñetazos y puntapiés.*
>
> [...] los agredidos devolviéronme con creces la agresión, propinándome monumental paliza [...] retireme a casa jurando vengarme del atropello.

Y así fue:

> Pocos días después, al salir de clase, enfronté con el mismo corro de zumbones, que, prevalidos de la presencia de Azcón, lanzáronme cobardemente al rostro el consabido apodo. Presa de ciego furor, acometí temerariamente a los insolentes, que cerraron sobre mí con las mismas deplorables consecuencias de la pasada vez... Y así sucesivamente durante dos o tres meses...

Como apreciamos en estos fragmentos de vida, las burlas, los golpes y los puñetazos que sufrió nuestro célebre científico, por parte principalmente de un chico mayor que él, y que fueron continuados en el tiempo, responden a una situación de acoso escolar. Lejos de amedrentarse y sabiendo que su agresor es superior a él en fuerza y en edad, determinó que solo le bastaba ganar en una pelea al matón del grupo para que cesara el acoso del grupo. Para ello, como él cuenta:

> [...] resolví entregarme sistemáticamente a los ejercicios físicos, a cuyo fin me pasaba solitario, horas y horas, [...]. Esperaba yo que, al cabo de algunos meses, lo más largo en el próximo curso, las cosas cambiarían radicalmente, y que hasta los matones más soberbios habrían de guardarme respeto.
>
> Desde el tercer curso, mis puños y mi habilidad en el manejo de la honda y del palo infundieron respeto a los matones de los últimos años, y hasta el atlético Azcón tuvo que capitular, acabando por hacerse amigo mío.

Las estrategias individuales de afrontamiento de Ramón y Cajal fueron las de buscar una solución para no resultar agredido y defenderse ejerciendo también la violencia física al igual que sus agresores. Asimismo, la capacidad que tiene el científico para recuperarse de la adversidad, esto es, su nivel alto de resiliencia y de autoestima fueron dos factores que contribuyeron a que el acoso cesara y que no tuviera consecuencias perjudiciales para su salud mental o su rendimiento académico a la vista de cómo fue su vida posterior. Una vez cursado el bachillerato, se traslada a Zaragoza para estudiar la carrera de Medicina. A partir de entonces, no escribe acerca de experiencias similares.

El año en el que Ramón y Cajal publica sus vivencias, 1923, todavía no se hablaba de acoso escolar. Este término surge a finales de la década de los 60 y, a partir de entonces, la investigación de este fenómeno ha ido creciendo por su relevancia. Se estima que 1 de cada 3 niños sufre acoso escolar en algún momento de su infancia.

Bibliografía:

1. Del-Barrio, V. (2017). Santiago Ramón y Cajal: análisis retrospectivo de un caso de acoso escolar [Santiago Ramón y Cajal: Retrospective analysis of a case of school harassment]. *Acción Psicológica*, *14*(1), 151-158. http://dx.doi.org/10.5944/ap.14.1.18856
2. Ramón y Cajal, S. (1923). *Recuerdos de mi vida*. Disponible en https://cvc.cervantes.es/ciencia/cajal/cajal_recuerdos/recuerdos/default.htm
3. UNESCO (2021). Más allá de los números: poner fin a la violencia y el acoso en el ámbito escolar. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378398

Capítulo 4

Cajal y la forma física

Óscar Marcos Sánchez

En grandes letras de acero se destaca una frase que ocupa todo el umbral del hall de entrada al Hospital Ramón y Cajal de Madrid: «Todo hombre puede ser, si se lo propone, escultor de su propio cerebro». Esta frase dicha por Cajal, bien puede servir como una frase motivadora para un vídeo de coaching o autoayuda, aludiendo a la fuerza motriz de la voluntad y determinación a la hora de superarnos en cualquier aspecto o situación en la vida. Además, este significado literal ha adquirido con el tiempo una profética pátina, debido al desarrollo de la neurociencia y los avances en plasticidad neuronal. Yo pasé bajo los caracteres de este umbral durante los cinco años que duró mi especialización como cirujano maxilofacial, y a mí realmente sí que me sirvieron como eslogan motivador para coger impulso cuando las fuerzas flaquean. Esa frase, y ese enorme busto de piedra situado a los pies del centro y que mira al frente con serenidad, me llevaron a tener curiosidad por conocer algo más sobre la vida este de ilustre Nobel de nuestra historia.

Después de profundizar un poco en la biografía del maestro Cajal, y buscando más allá de sus aportaciones científicas conocidas por todo el ámbito médico, pude descubrir un curioso paralelismo entre nuestras vidas, en el que se identifica tanto un carácter juvenil algo complicado y peleón, como la vital importancia que el ejercicio físico tiene en nuestras vidas y nuestro futuro.

Al igual que Don Santiago, de jóvenes éramos un poco «gallitos de corral», con un carácter noble pero ávido de rivalizar físicamente con otros jóvenes, buscando siempre mostrar una superioridad sobre el rival, tanto en fuerza como en habilidad. Lo que de niños era una competición por el salto más alto, la carrera más rápida o la piedra más lejana; con la adolescencia y juventud se torna en force-

jeos, pulsos de brazos, o directamente un enfrentamiento a golpes por ver quién gana la posibilidad de cortejar a una chica. En el caso del maestro Cajal, como chico habituado al entorno rural aragonés, encuentra en la obsesiva imitación a los animales, una eficaz forma de divertirse a la vez que mejora su capacidad y fuerza física, con lo que obtiene unos resultados satisfactorios y se tiene así mismo por invencible. Pero cuando en su juventud se desplaza a Zaragoza, un suceso desmorona su autoestima, y es que tras poner en juego el cortejo a una dama, pierde de forma contundente un pulso de brazos con un amigo aparentemente mucho más débil que él, y que lleva por apodo, «El Morriones». Santiago se sobrepone a la derrota y le pregunta cómo es posible que tenga esa fuerza, a lo que su amigo le responde que entrena en el gimnasio de «Poblador», ubicado en el centro de la ciudad. Y allí se presenta al día siguiente el joven Santiago, para conocer ese gimnasio y su innovador método de ejercicios con objetos pesados y máquinas que el tal Poblador ha importado de un célebre gimnasio de París, el de Hipólito Triat.

Este personaje de Hipolito Triat, tiene una biografía muy novelística que sería digna de una superproducción hollywoodiense, pues fue secuestrado a los cinco años por unos gitanos, que le integran como niño forzudo de un circo itinerante, hasta que un día, con quince años, salva a una dama de ser atropellada de forma accidental, y esta tras conocer e intereses por su historia, decide otorgarle una educación y un entorno familiar, que le llevará con el tiempo a abrir el primer gimnasio moderno de Europa en París, siendo conocido por todos como el padre del Fisioculturismo y el Fitness.

Aunque Cajal no dispone de dinero para esa actividad, llega a un acuerdo con Poblador, quien a cambio de las clases de Anatomía y Fisiología que necesita para dirigir correctamente los entrenamientos, accede a que Santiago vaya cuando quiera al gimnasio. Santiago comprueba rápidamente la validez y resultados de este sistema de fortalecimiento del aparato muscular, y pone todo su empeño en ello, llegando incluso a desarrollar un método propio con un complejo sistema de entrenamiento. Para Santiago, el mundo acaba de adquirir otra dimensión, y desde entonces ve en Hipólito Triat, a su Hércules e ídolo a imitar. Tal fue su obsesión y determinación, que los progresos que Poblador esperaba que Santiago alcanzara tras muchos años de práctica, los alcanzó en menos de doce meses. Además, en el gimnasio aprendió también las modernas técnicas del Boxeo, con lo que no solo mejoraba su condición y fortaleza física, sino que

además aprendía a pelear de forma científica y eficiente.

Esta obsesión por el desarrollo corporal, sirve además como fomentó de su interés por la anatomía humana, que en principio estudiaba de forma obligada para seguir los pasos de su padre como galeno, y que sin embargo después lo hace con la pasión que le permite llegar a ser una gran anatomista, pues a su memoria fotográfica, se suma su habilidad como disector y dibujante. Con el tiempo, la profundización en este conocimiento de la Anatomía, le sumerge en el estudio microscópico de los diferentes tejidos del cuerpo humano, la Histología; el resto de la historia ya lo conocemos, y su aportación a la ciencia de la Doctrina de la Neurona, es uno de los hitos más importantes de la Medicina. De hecho, esta Doctrina ahora en el siglo xxi vuelve a ponerse de valor con las «redes neuronales artificiales», que van a facilitar que las inteligencias artificiales (IA) revolución en nuestra sociedad.

La perseverancia, la constancia y una metodología definida, le hicieron ser uno de los pioneros del fisioculturismo y del entrenamiento con pesas en nuestro país; y esas mismas herramientas que le otorgaban un pectoral de 112 centímetros, son las que utilizó para el desarrollo de todas sus inmensas aportaciones posteriores a la ciencia.

En mi caso, mi Hipólito Triat era de origen oriental y respondía al nombre artístico de *Bruce Lee*. Al igual que el joven Santiago, en mi infancia me veía involucrado en peleas con cierta frecuencia, además tenía una escasa autoestima, debido en parte a unos resultados académicos poco satisfactorios, y a un físico mediocre tirando a regordete, que nunca destacaba en el campo de fútbol del colegio. Mi padre, aficionado también a las artes marciales, me llevó como última solución, a conocer a un exótico maestro amigo suyo, para ver si con su peculiar método podía enderezarme. Pues bien, tras la humillación inicial que le baja los humos a cualquier agitado cachorro, solo con mostrarle en un espejo su condición física real frente a la del resto de practicantes; la siguiente lección que aprendí es que nadie es más que nadie, que nadie nace enseñado, que todo se puede conseguir, aunque a unos les pueda costar más que a otros y que aun después de haber obtenido los resultados deseados o soñados, se debe seguir trabajando a fin de mantenerlos o incluso en el mejor de los casos, perfeccionarlos. Esta receta además no era muy compleja, pues solo tiene un ingrediente, y este se llama sudor, que se pone como base para después mezclarlo con sudor, y para aderezado finalmente, con

otra pizca más de sudor.

Para mí, también se descubrió un mundo diferente, donde la obsesión ya no era por llegar a mostrarme más fuerte que otro, sino por conseguir realizar las técnicas y habilidades que otros realizaban tras años de práctica. Y efectivamente, aunque tardé más tiempo que el que le ocupó a Don Santiago, llegué a realizar lo que antes me parecía imposible. Además, no sólo adquirí una técnica y condición física excelentes, sino que el método del trabajo constante lo apliqué al estudio, y los resultados también confirmaron su eficacia, permitiéndome con los años licenciarme en Medicina y llegar a especializarme en el famoso Hospital de Madrid que recibe el nombre del maestro Cajal, y en cuyo hall reza mi eslogan motivador. Igualmente, el chico problemático y peleón, una vez que adquiere la autoestima y la confianza apropiada, ya no necesita demostraciones de fuerza o superioridad, pues sabe que su único rival es uno mismo, y las herramientas para derrotarlo son el trabajo y la constancia. En este apartado, cabe señalar que D. Santiago no obstante, siempre estaba dispuesto a hacer alarde de su condición física, y en este punto creo que nunca desapareció del todo esa pizca de temperamento infantil de gallo de corral. Otro aspecto importante que tanto el maestro Cajal como un servidor obtuvimos del ejercicio físico, fue el forjar lazos de amistad con compañeros de sudor y sufrimiento, herramientas que sirven de buen pegamento para la sociabilidad de las personas, aspecto este muy importante sobretodo en las primeras etapas de la vida donde uno debe aprender a ser sociable y a valorar la amistad.

D. Santiago consideraba además el ejercicio como una medicina, y así hizo cuando regresó enfermo de su estancia en la Guerra de Cuba, pues se desplazó para pasar una larga estancia y convalecencia al Balneario de Panticosa. En este espectacular circo pirenaico, Santiago alternaba los baños con grandes marchas de *treckking* por esas increíbles sendas, que tanto fortalecen el alma como el cuerpo, y con ello consiguió una total recuperación de su estado físico. Paradojas de la vida, yo ahora también vuelvo a pisar esas sendas, así como otras muchas por las que caminó el maestro en su infancia y juventud, pues desde hace años tenemos una residencia entre Jaca y Larrés, el pueblo maternal de Cajal, y los periodos estivales disfrutamos de los mismos paisajes que le vieron nacer y crecer.

Decía el maestro: «Cuando la enfermedad altera y disminuye la función, el ejercicio debe restaurar esa funcionalidad perdida»; he aquí un precepto que es pionero dentro de la Medicina de nuestro

país y que es la base de disciplinas hoy tan perfeccionadas como la Fisioterapia y la Rehabilitación Activa. Además, como siempre se ajustaba a su método científico, ya en sus años de práctica de culturismo, inventó y creó las que él llamaba, máquinas de utilidad diagnóstica, para tipificar y evaluar la función perdida, y así poder crear el plan de tratamiento personalizado que posteriormente debería ejercitarse con las correspondientes máquinas para el tratamiento, también diseñadas por Cajal. Estas máquinas mediante resortes, muelles y pesas, van aumentando la resistencia de los ejercicios para el desarrollo progresivo del sistema músculo-esquelético; exactamente igual que hace hoy un fisioterapeuta o rehabilitador.

Pero el ejercicio físico no solo es una actividad beneficiosa para jóvenes y adultos, sino que es parte fundamental de la educación integral que deben recibir los niños, y por ello D. Santiago apoya desde el primer momento las «Doctrinas Higienistas» de la Institución Libre de Enseñanza, en las que se incluye la actividad física como parte fundamental de la educación. De hecho, creo que no es exagerado afirmar que tanto en el caso de Cajal, como en el mío propio, el ejercicio físico condicionó nuestro futuro.

Algunos biógrafos del Nobel así lo defienden, y en mi caso particular, bien lo saben todos los que conocen mi radical transformación ocurrida entre los 14 y 16 años, tanto en lo físico como en lo intelectual, período en el cual la única novedad fue la introducción metódica del ejercicio físico.

En definitiva, este gran científico por encima de todo, era un completo humanista e ilustrado, y su visión del ser humano englobaba tanto al cuerpo físico, como a la mente; sin poder separar lo uno de lo otro y sin que una se pueda desarrollar de forma óptima si no se acompaña del desarrollo de la otra. Por ello, creo que aunque la frase que dijo Cajal es afortunada, no menos lo sería esta otra que seguramente pensaba: «Todo hombre puede ser, si se lo propone, escultor de su propio cuerpo».

Capítulo 5

Cajal y la honradez

Antonio Arias Rodríguez

Cuentan que un día Don Santiago Ramón y Cajal salía de su casa cuando una vecina cayó al suelo inconsciente. Reconocido entre el alboroto nuestro Premio Nobel de Medicina debió atenderla y tras observar la palidez de su cara dijo bastante asustado[1]: «¡Está desmayada! ¡Habrá que llamar a un médico!» La anécdota deja clara su honradez intelectual y su autoexigencia. Don Santiago admitía tener el defecto «imperdonable de la franqueza un poco ruda». Echaba en falta según decía «la ironía gallega o la suave y fina diplomacia del andaluz».

La personalidad poliédrica de Don Santiago dominaba (no sin esfuerzo) bastantes artes y *manías* (la literatura, la fotografía, la pintura, el ajedrez, la gimnasia ...) dejándonos escritas muchas de sus reflexiones sobre los más diversos aspectos del conocimiento humano. No es extraño que mantenga hoy en día una importante red de seguidores (ente lo que me encuentro: aviso que no soy imparcial) y generación tras generación encuentren en él un referente vital, casi una religión para hacernos mejores personas y ciudadanos. Sólo es superado por Cervantes como el personaje histórico con más calles y plazas de España (¡1.179!), como la de Oviedo, en el lateral de la Universidad desde 1922, año de su jubilación.

En esa línea, Salamanca acogerá este 10 de abril una maratoniana **jornada por Cajal y la ciencia**. Un formato moderno e innovador: diez minutos por ponencia y varias docenas de facetas vitales y científicas ¿Nos reñiría Don Santiago a los *cajalianos* por enaltecer su figura, además en *modo Twitter*? Alguien tan poco dado a homenajes y tan austero. Les recuerdo que ordenó[2] su funeral «sin ninguna clase de pompa ni aparato» y entierro en la fosa común «entre los más humildes conciudadanos», algo que moderaría meses antes de

su muerte admitiendo descansar junto a su esposa Silveria en «una sepultura sólo con el nombre». Debería perdonarnos que, tras tanto legado y tanta opinión publicada, tenga el sincero y espontáneo reconocimiento popular como un fascinante efecto natural, muchas décadas después.

Aunque seamos muchos los participantes, *diseccionar* el pensamiento de quién fue el padre de la neurociencia moderna se plantea tarea difícil. No puedo menos que traer aquí el encargo que le encomendó en testamento su amigo Alejandro San Martín, exministro de Instrucción Pública, de «prestarme un último favor» para que Don Santiago en compañía de otros dos catedráticos y ante los estudiantes de la facultad de medicina del viejo caserón madrileño de San Carlos, diseccionaran el cerebro del compañero y los alumnos siguieran aprendiendo del maestro.

El dinero nunca importó demasiado a Don Santiago y dejó variados ejemplos. Tan preocupado por la moralidad y su recto ejercicio se pregunta en Charlas de café «Cuando recibo un obsequio inesperado e inmerecido, me pregunto espantado: ¿cuál será la arbitrariedad, el abuso o la injusticia que se me exigirá algún día?». Esta honradez intelectual que era su distintivo está muy ligada a la tarea búsqueda de la verdad en la ciencia o en la convivencia. Mi frase favorita entre las miles que nos legó: «¿No tienes enemigos? ¿Es que jamás dijiste la verdad o jamás amaste la justicia?». El culto severo a la verdad y el escepticismo sano eran su guía que le permitía, además, distinguir al mejor de los estudiantes. Especulaba Don Santiago cómo se crea una vocación científica. En su opinión, mediante la anticipación del «placer ético» (¡concepto de enjundia!) ligado al triunfo intelectual. Los ajedrecistas sabemos bien a qué se refiere.

Como director del Instituto de Investigaciones Biológicas, Francisco Silvela le ofreció un sueldo de diez mil pesetas, pero nuestro insigne investigador prefirió rebajar los honorarios a seis mil, que percibió hasta su fallecimiento décadas después. Nunca pidió mejora alguna y lo explica así en la nota 40 (Capítulo IX) de *El mundo visto a los ochenta años*:

> *Por varias razones de carácter personal, bajo las cuales no late la menor censura a los congéneres de profesión. Mi respuesta ha sido siempre:*
>
> *1.º. Porque no ansío nadar en la opulencia.*

> *2.º. Porque en una edad en que desfallecen o declinan mis fuerzas, paréceme abusivo y hasta inmoral aumentar mis emolumentos.*
>
> *3.º. Porque aún sin querer columbro siempre, a través de cada moneda recibida, la faz curtida y sudorosa del campesino, quien, en definitiva, sufraga nuestros lujos académicos y científicos …*

En su estancia caribeña de la sanidad militar había conocido bien el «desbarajuste» (sic) de la Administración española en ultramar, tanto en la gestión de los hospitales como al recibir sus propios haberes de capitán. Reconoce que para poder tomar -enfermo- el barco de vuelta hacia la península debió gratificar con un 50% al habilitado que le pagaba sus atrasos y que le debía 4 mensualidades.

Era alguien tan exigente como para no usar cartas de recomendación para obtener un buen empleo en la Cuba colonial, donde obtuvo los peores destinos plagados de paludismo y disentería, que contrajo entre otras causas por no abandonar a sus pacientes y enfrentarse a la oficialidad que les robaba la comida. No hay párrafo de su obra donde cualquier lector no sienta una profunda admiración por nuestro Nobel. Ausente, fino y realista, como le definió Juan Ramón Jiménez, no descansaba nunca. Tanto en su labor profesional[3] (284 artículos, 61 manuales) como de divulgación pues escribió siempre huyendo de la «aristocracia del talento». Don Santiago sigue siendo citado, científicamente vivo por muchísimas de sus reflexiones, como recuerda uno de sus múltiples biógrafos Leoncio Lopez Ocón[4]. Incluso unos días antes de fallecer publicaba El mundo visto a los ochenta años donde con estilo abierto y franco cuenta sus vivencias, reconociendo a la memoria como «el don más preciado y maravilloso de la vida». **¿Qué hubiera hecho Don Santiago con un blog, hoy en día?**

En 1885 escribe *Cuentos de vacaciones*, cinco relatos que subtituló de «narraciones pseudocientíficas» por su cercanía a la ciencia-ficción que no verán la luz hasta dos décadas después. Tienen en común su carácter divulgativo y de alerta ante los riesgos, planteando dilemas sociales y morales de compleja solución, que nos hace pensar. En uno de esos relatos, «**El fabricante de honradez**», un médico y eminente hipnólogo destinado en el pueblo de Villabronca convence a los vecinos de tomar un suero antipasional de su invención para «la conversión de los viciosos y criminales en personas probas,

decentes y correctísimas». La delincuencia desaparece -fruto de la sugestión- y con ella la resignación a la miseria, sin protesta alguna. Abolida en las tertulias la chismografía, sobrevino el hastío cesando en los cafés «el encanto de la conversación, porque huyeron de los corrillos y cenáculos la envidia y maledicencia». El protagonista termina redactando su memoria para la sociedad científica a que pertenece concluyendo «Según resulta de lo expuesto y corrobora mi experiencia de hipnosis social, no es conveniente, desde el punto de vista del progreso, la supresión de la injusticia y del delito, ¿cuál será, en la rigurosa lucha a que la Humanidad vive condenada, el papel de la ciencia? La ciencia tiene el deber de suavizar la rigurosa contienda, de humanizarla de suerte que desaparezcan para siempre la sangre y el dolor».

Termino con una última anécdota que nos describe muy bien el temperamento de Don Santiago, alguien que hoy calificaríamos de intelectual comprometido. Su honradez merece destacarse en el homenaje de los *Cajalianos* (¡sector burócratas!) y más con la que está cayendo. Siendo presidente de la Junta de Ampliación de Estudios -origen del actual CSIC- envió al extranjero a su hijo Jorge, investigador como él, pagando los gastos de su bolsillo. Preguntado[5] sobre por qué no le habían *pensionado* con una beca, como era habitual, y más siendo su hijo, Ramón y Cajal respondió: «Por eso mismo, por ser mi hijo».

Antonio Arias Rodríguez
Ex–síndico de Cuentas del Principado de Asturias
Miembro del Consejo Social de la Universidad de Oviedo. `http://www.fiscalizacion.es`

Bibliografía citada

Ansede, Manuel. «El caserón en el que se diseccionó en público a un exministro quiere ser museo nacional». *El País*, 19-2-2024.

Callabed Carracedo, Joaquín. *Una mirada a Santiago Ramón y Cajal en su perfil humano y humanista*. Discurso de ingreso en la Real Academia Europea de Doctores, como Académico de Número, en el acto de su recepción el 16 de enero de 2019. Video.

Lorén Esteban, Santiago. *Ramón y Cajal. Historia de una voluntad*. Thalassa, 1980.

López Piñero, José María. *Cajal*. Editorial Debate, 2000.

Ramón y Cajal, Santiago.

· «El fabricante de honradez» en *Cuentos de vacaciones*. Es-

pasa Calpe, 1955.

· Obras de Don Santiago en el Centro Virtual Cervantes

o El mundo visto a los ochenta años. 1934

o Charlas de café. 1923

o Reglas y consejos sobre investigación científica. 1920

o Recuerdos de mi vida. 1917

[1] **Santiago Lorén**. *Ramón y Cajal. Historia de una voluntad*. Thalassa, 1980. Pag 71

[2] **José María López Piñero**. *Cajal*. Editorial Debate, 2000. Pag. 250

[3] Desde 1945 a 2004 se han registrado 17.259 citas científicas con una media de 2876,6 por año. **Joaquín Callabed Carracedo**. *Una mirada a Santiago Ramón y Cajal en su perfil humano y humanista*. Discurso de ingreso en la Real Academia Europea de Doctores, como Académico de Número, en el acto de su recepción el 16 de enero de 2019. Pág. 175

[4] **Santiago Ramón y Cajal**. *Los tónicos de la voluntad. Reglas y consejos de la investigación científica*. Gadir, 2005. Introducción a cargo de Leoncio Lopez Ocón

[5] **Santiago Ramón y Cajal Junquera**. *Ramón y Cajal, la voluntad de un sabio*, pág. 289-290.

Capítulo 6

Santiago Ramón y Cajal y la fotografía

Juan A. de Carlos

Corría el año de 1864 cuando un joven Santiago Ramón es mandado por su padre, médico de la villa oscense de Ayerbe, a terminar el bachillerato en el Instituto Provincial de Huesca. Santiago es un adolescente inquieto que siempre encontrara distracciones que le apartarán del camino de ser un buen estudiante. Tal es así que su padre, con el propósito de aplicarle un buen correctivo por excederse en sus travesuras, le saca del colegio y le coloca de aprendiz en una zapatería en la localidad de Gurrea de Gállego primero, y en otra en Ayerbe después. Pasado un tiempo, ya en el año de 1867, vuelve a mandar a Santiago a Huesca para finalizar el bachiller. Allí van a ocurrir dos cosas importantes en la vida de Santiago. Va a conocer la academia de dibujo regentada por el pintor León Abadías, próxima al Instituto, y donde va a conseguir que su padre le matricule bajo la promesa de aplicarse en sus estudios y no suspender mas asignaturas. Esto afianzará una de sus pasiones, el dibujo. Pero la otra anécdota no será menos importante: tiene su primer contacto con la fotografía. Un amigo que conocía a unos fotógrafos ambulantes en la ciudad, le lleva al estudio de estos y le enseñan el cuarto oscuro que habían habilitado bajo las bóvedas de la ruinosa iglesia de Santa Teresa, localizada próxima a la estación de Huesca. Allí le enseñan el proceso que utilizaban para realizar las placas fotográficas y el método de revelado, con la aparición de la imagen latente. Esta experiencia le llegaría a marcar de por vida, pues en cuanto tuvo oportunidad se compraría una máquina de fotos, llegando a convertirse en un gran aficionado a la fotografía. Pero para esto no iban a pasar muchos años, dado que las placas fotográficas más antiguas que se conservan de Cajal datan de 1870, correspondiéndose con su época universitaria (Fig. 1). Estas están realizadas con el método del «Colodión húmedo», im-

perante en aquella época. La técnica, aparecida en 1851, desplazará a los daguerrotipos y los calotipos, y consiste en aplicar sobre una placa de vidrio una solución de nitrocelulosa (el colodión) y sales de plata, sensibles a la luz, mezclados con éter y alcohol. La emulsión tenía que estar húmeda para realizar la fotografía y se debía revelar inmediatamente. Era este un método engorroso que requería gran habilidad para manejar sus componentes y además la emulsión no podía secarse, por lo que era utilizado sólo por profesionales, siendo Santiago una de las pocas personas que se atrevieron a utilizarlo como aficionado. Realizó fotografías con esta técnica hasta 1878, dado que al año siguiente empezó a utilizar el nuevo método de la «placa seca», o del «Gelatino-Bromuro», ideado por Richard Leach-Maddox y que terminaría desplazando al colodión húmedo. La emulsión, formada con bromuro de plata y gelatina se depositaba, una vez seca, sobre una placa de vidrio para su exposición a la luz. Este método, cuya ventaja era su manejo más fácil y el menor tiempo de exposición requerido (por debajo de 1 segundo), fue el más utilizado por Santiago (Fig. 2a). Tanto llegó a dominar este método, que el mismo se hacía sus propias emulsiones, llegando a mejorarla, lo que le llevó a venderla bajo demanda a una serie de fotógrafos de la época, cuando trabajaba de catedrático en Valencia. Experimentando con este proceder llega, como si fuera un juego, a realizar fotografías de tamaño microscópico, emulsionando portas histológicos con bromuro de plata y gelatina; son los famosos «micropunto», que debían visualizarse con el microscopio (Fig. 2b,c). Cuando se traslada a Madrid de catedrático en 1892, sigue utilizando esta técnica para sus fotografías, pero adquiere cámaras con dos objetivos (Fig. 3a), lo que le permite hacer placas estereoscópicas. La gelatina es un aglutinante extraído de proteínas animales que al aplicarla a las emulsiones fotográficas confiere a las placas de vidrio de una protección frente a las sales de plata y contribuye a mejorar la calidad de la emulsión. La fotografía estereoscópica, de la que Santiago fue muy aficionado, se obtiene mediante una cámara con dos objetivos separados por una distancia de unos 65 mm (similar a la separación de los ojos). Cuando las placas se observan con los estereoscopos (visores especiales ideados por Elliot en 1837), las dos imágenes se fusionan creándose un efecto tridimensional importante (Fig. 3b). Hay que decir que Santiago realiza muchas fotografías en placas de vidrio, pero también utiliza el positivado en papel, dado que sobre 1880 se comercializan los papeles para positivar al gelatino-bromuro, conservándose en el Legado

Cajal 446 fotos positivadas en papel baritado o a la gelatina.

Pero llegamos a la época de la fotografía en color y Santiago no solo no se queda atrás, sino que llega a ser considerado como pionero de la fotografía en color en España. Y va a experimentar con todas las técnicas de fotografía en color que se desarrollan en su época: Síntesis tricromica, autocromo de Lumière, Dufaycolor y método de Lippmann.

La «Síntesis tricromica» (Fig. 4a) fue la más utilizada por Santiago. Este método se basaba en las investigaciones de Charles Cros y Louis Ducos que propusieron la reproducción fotográfica de los colores a partir de la captación por separado, y su posterior síntesis mediante filtros, de los tres colores básicos del espectro luminoso (rojo, verde y azul). Mediante la superposición de los tres negativos mas el positivo transparente, se consigue la reproducción en color.

El 30 de mayo de 1904, se presentó en la Academia de Ciencias de Paris el procedimiento para la obtención de placas en color inventado por los hermanos Louis y Auguste Lumière, conocido como método «Autocromo de Lumière» (Fig. 4b). Los colores se obtenían por síntesis aditiva y la placa quedaba visible como transparencia. La emulsión se componía de minúsculos granos de almidón teñidos con tres colores (rojo, verde y azul) mas la capa habitual para blanco y negro con la que se impregnaba una placa de vidrio y se cubría con un segundo cristal antes de su exposición a la luz. Durante el revelado, las zonas no expuestas a la luz se disolvían y las expuestas se endurecían. Una de las ventajas de esta técnica con respecto a la anterior era que se utilizaba una sola placa, y no placas con los distintos colores superpuestas, lo que facilitaba su manejo y evitaba errores si alguna de las placas se movía.

El «Dufaycolor» es un método de adición de color desarrollado por Louis Dufay en 1908, que se inspiraba en el principio de las placas autocromas de Lumière. Este método obtiene la imagen mediante la utilización de filtros con los tres colores básicos del espectro (rojo, verde y azul), que se van aplicando en capas bajo la capa de gelatina. Las cuadrículas crean un patrón en el que se van alternando los tres colores.

El físico Gabriel Lippmann desarrolla en 1906 un método para la obtención de fotografías en color. Este método, conocido como método «Interferencial de Lippmann» (Fig. 4c), conseguía reproducir imágenes multicrómicas registrando todas las longitudes de onda del espectro. La importancia de este método es que no se vale de

pigmentos, ni tintes, ni filtros, sino que es la misma estructura física de la placa la que hace que a luz que incide sobre ella sea devuelta en determinadas longitudes de onda que son las que nos permiten percibir los colores. Personalmente puedo asegurar que estas placas son impresionantes y, dado que poseen una estructura tridimensional, con profundidad, son muy similares a los hologramas. Ahora bien, el problema que presentaban para no hacerse comerciales es que su realización requería tiempos de exposición muy elevados, próximos a los 15 minutos, y que eran piezas únicas dado que no se podían hacer copias.

El estudio de Santiago sobre la fotografía en color y su realización, le llevó a escribir un libro, «La fotografía de los colores: Bases científicas y reglas practicas», que sería publicado en 1912.

Podemos asegurar que la fotografía acompañaría a Cajal durante toda su vida, conservándose abundantes placas fotográficas donde podemos observar autorretratos, fotos familiares, paisajes y monumentos tomados en sus múltiples viajes, así como numerosas placas científicas (microfotografías de preparaciones histológicas e imágenes de anatomía patológica).

Fue una de las pasiones de su vida, llegando a decir que:

... es una dichosa ampliación de nuestro sentido visual. Por ella vivimos más, porque miramos más y mejor...

... gracias a ella, el registro fugitivo de nuestros recuerdos conviértese en copiosa biblioteca de imágenes, donde cada hoja representa una página de nuestra existencia ...

... porque la vida pasa, pero la imagen queda...

Bibliografía

- Ramón y Cajal, S. 1912. La fotografía de los colores. Fundamentos científicos y reglas prácticas. Imprenta y Librería de Nicolás Moya, Madrid, 313 pp.
- Ramón y Cajal, S. 1923. Recuerdos de mi vida. Primera parte: Mi infancia y juventud. Segunda parte: Historia de mi labor científica. Imprenta de Juan Pueyo, Madrid (Tercera edición), 444 pp.
- De Carlos Segovia, J.A. 2001. Los Ramón y Cajal: una familia aragonesa. Diputación General de Aragón Editores, Zaragoza. (ISBN: 84-7753-843-3), 190 pp.
- Górriz Arnanz, O. 2014. El legado fotográfico de Santiago Ramón y Cajal. Trabajo Fin de Grado realizado en el Instituto Cajal. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias de la Documentación, 88 pp.

Figuras:

- Figura 1: Imagen de Cajal (derecha) simulando lucha con un amigo. Método Colodión húmedo (1870).
- Figura 2: a) Cajal en su época de catedrático en Valencia (1885). b) Foto reducida sobre portaobjetos (micropunto). c) Imagen que se ve al microscopio del micropunto en b. Ambas fotos están realizadas con el método Gelatino-Bromuro (Placa seca).
- Figura 3: a) Cámara de fotos estereoscópica (E. Krauss & Cie.; óptica Planar-Zeiss 1:3,8; F:130), perteneciente a Cajal. b) placa estereoscópica sacada en una actuación callejera en Madrid (h. 1892). Método Gelatino-Bromuro (Placa seca).
- Fig. 4: a) Cajal y su hija Paula. Foto sacada en su piso-estudio fotográfico de la calle del Prado (Madrid). Método Síntesis tricrómica. b) autorretrato de Cajal realizado con el método Autocromo de Lumière (1907). c) Bodegón. Método interferencial de Lippmann (1912).

Todas las imágenes han sido obtenidas del Legado Cajal (Instituto Cajal-CSIC, Madrid).

Capítulo 7

Santiago Ramón y Cajal y sus Cuentos de vacaciones. Narraciones pseudocientíficas

Martha R. Villabona García

Santiago Ramón y Cajal desarrolló diferentes facetas en paralelo a su trayectoria investigadora. Dos de ellas fueron las de ser un pedagogo y un escritor y ambas se encuentran en su obra literaria *Cuentos de Vacaciones*. *Narraciones pseudocientíficas*. A través de estos cuentos pretende, por un lado, luchar contra las falsas creencias o las supersticiones y, por otro, transmitir sus ideas religiosas, morales, educativas y científicas.

La obra se publica en 1905 y se estructura en una Advertencia Preliminar y, a continuación, se suceden cinco cuentos: *A secreto agravio, secreta venganza*, *El fabricante de la honradez*, *La casa maldita*, *El pesimista corregido* y, por último, *El hombre natural y el hombre artificial*.

El propio Ramón y Cajal informa al lector en la Advertencia de que escribió los cuentos en 1885 o 1886 y que se ha animado a publicarlos por «el benévolo juicio de algunos insignes profesionales de la literatura». Además, advierte que el lector ha de tener, aunque no es indispensable, conocimientos de filosofía natural y biología general. La justificación del libro nos la ofrece él mismo «Las lucubraciones (…), que en él campean, representan desahogos o compensaciones dinámicas de un espíritu fatigado por veinticinco años de disciplina y labor científica (…)».

Por lo tanto, los cuentos se han escrito en el contexto científico de mediados de la década de 1880, en la época de la bacteriología de Koch, los microscopios y la hipnosis. Estos temas aparecen en los cuentos y algunos de sus aspectos, por ejemplo, la contaminación bacteriológica como venganza, perduran en nuestro tiempo en distintos formatos actuales de la ficción. En *A secreto agravio, secreta*

venganza, homónimo de la obra de Calderón de la Barca, el doctor Max V. Forschung, autor de brillantes descubrimientos fisiológicos y bacteriológicos, comienza a sospechar de la infidelidad de su mujer observando en el microscopio dos pelos entrelazados de distinto color, forma y longitud: uno correspondía a su mujer, otro a su ayudante. Para comprobar que era verdad, contagia intencionadamente a su ayudante con gérmenes de tuberculosis de vaca sin que este se enterara. A los veinte días descubre en los labios de su mujer un tubérculo. Así se confirmaron sus sospechas y los amantes supieron que los sabía porque publicó un artículo científico en el que demostraba la transmisión de la tuberculosis bovina al hombre.

En otro de sus cuentos, *La fábrica de la honradez*, Cajal se muestra satírico ante la reacción de un pueblo entero llamado Villabronca al que llega destinado el Dr. Alejandro Mirahonda, doctor en Medicina y Filosofía y discípulo de sabios hipnólogos como él lo describe, para llevar a cabo un experimento con sus habitantes. Todos ellos son seducidos por un suero antipasional, una vacuna moral o la redentora jeringuilla de la ciencia capaz de «moderar los centros nerviosos donde residen las pasiones antisociales: rebeldía, instintos criminales, lascivia, etc.» El doctor hace una puesta en escena en la que les vende el suero como única medicina que les salvará de caer en el pecado. El suero era agua, pero la población creyó que les hacía ser virtuosos. Sin embargo, con el paso del tiempo, el pueblo quiso volver al goce del pecado y al ejercicio de los malos instintos con lo que el doctor volvió a ponerles una «contra-antitoxina pasional» que, como era de prever, surtió efecto.

No solo encontramos en los cuentos maquinaciones de científicos que manipulan a las personas ignorantes, sino que también encontramos mentes brillantes y entusiastas como Julián, el protagonista médico del cuento *La casa maldita* que no se contentaba con la exploración sintomatológica de sus pacientes sino que «apelaba de continuo al microscopio y la química», además de tener un laboratorio de análisis bacteriológico, histológico y químico con el que determinó que lo que pasaba en su casa recién comprada era que no estaba habitada por el diablo, sino por un demonio invisible, el microbio. Probablemente, Julián sea el *alter ego* de Ramón y Cajal, ya que como a este le gusta la fotografía, aparte de la ciencia. Especialmente en este cuento, la ciencia representa la única fe de Cajal para el futuro de la humanidad.

Podemos encontrar influencias literarias en estos cuentos. Por

ejemplo, hay aspectos de las obras del citado Calderón de la Barca e incluso de José Zorrilla. La aparición de un genio de la ciencia después de un «fragoroso trueno y en el seno de una nube violácea» y las ensoñaciones que le suceden a Juan, el protagonista de *El pesimista corregido*, hacen recordar a *La vida es sueño* (1635) o *Don Juan Tenorio* (1844). Incluso Cajal aporta un matiz de ciencia ficción al dotar a los ojos del protagonista de una visión como si fueran dos microscopios. Su agudeza visual hacía, por ejemplo, que observara el rostro de su amada no como la primaveral frescura y lozanía de antaño, sino con costras, escamas y «en los labios, una saliva viscosa donde gesticulaban y nadaban viveros de bacterias». A pesar de que Juan deseaba esa visión tan extraordinaria, también veía todos los defectos y no era capaz de disfrutar de la vida y de la belleza. Después de un año, recupera su vista anterior y se vuelve más respetuoso y sociable con los demás.

El último cuento es *El hombre natural y el hombre artificial*. Es un coloquio de antiguos compañeros de estudios en el que cada uno cuenta cómo ha sido su vida. El hombre artificial es Esperaindeo, cuyo nombre proviene de un religioso mozárabe que encarna la exaltación del sentimiento religioso entre los cristianos mozárabes. Ha tenido una infancia triste por la sobreprotección de la madre que no le dejaba jugar con otros niños, una educación católica y una vida insatisfecha porque no ha sido útil para la sociedad, a pesar de lo que ha estudiado y vivido. En el momento en que se encuentra con Jaime, el hombre natural, está en una crisis existencial. Sin embargo, Jaime fue instruido en una escuela municipal de una aldea del Pirineo y le encantaba ser pastor cuando era niño. Los conocimientos básicos que adquirió en la escuela le sirvieron para aumentar su curiosidad por la ciencia y por saber la verdad del mundo y sus causas. Gracias a su maestro que le animó a que siguiera aprendiendo y que le decía que el campo es, a la vez, museo y biblioteca, observaba incesantemente la naturaleza. Terminó siendo un ingeniero vocacional. Este cuento muestra las ideas que defiende Cajal sobre la educación que han de tener los más jóvenes para despertar vocaciones científicas y el amor por la ciencia.

Los Cuentos de Vacaciones suponen el descubrimiento de la faceta literaria de Santiago Ramón y Cajal. El uso que hizo de la ficción cumple una de las funciones clásicas de la literatura que logró por su afán de educar: enseñar deleitando.

Bibliografía:

- *Cuentos de Vacaciones*. Acceso a Textos Info.
- Collado-Vázquez S, Carrillo JM. Santiago Ramón y Cajal en la literatura, el cine y la televisión. Rev Neurol 2016; 63: 469-77.
- Haynes, Roslynn D. (2002). Vacation Stories: Five Science Fiction Tales (review). *Bulletin of the History of Medicine, 76*(*3*), *623–624.* doi:10.1353/bhm.2002.0128.
- Ramón y Cajal, S. Cuentos de vacaciones. Narraciones pseudocientíficas. Madrid: Ballon Editorial; 2022.

Capítulo 8

Cajal, abogado defensor

José R. Chaves

Todo español tiene dentro un abogado que lucha por sus derechos. En el caso de Cajal, me atrevo a aventurar que se perdió un gran abogado, profesión que parecía detestar pues según indica en uno de sus cuentos de ficción («El hombre natural y el hombre artificial», 1885), exigía las marrullerías del zorro, las insidias de la avispa y la impetuosidad y nobleza del león, aunque a renglón seguido reconoce que

> «Hay gloria y soberano placer en trasformar, al conjuro del ingenio, la falacia en demostración, en rodear de sombras los hechos criminosos, en desconcertar, en fin, con la vistosa prestidigitación de la palabra la recelosa circunspección de jueces y jurados».

Su triste visión de la profesión del Derecho, explicaría que don Santiago desdeñase el fetichismo de la ley escrita (y la solemne toga) entregándose al servicio de la escurridiza luminosidad de las leyes de las ciencias naturales (vistiendo la modesta bata de laboratorio), pero eso sí, manteniendo el espíritu de defensor de lo justo, a diestra y siniestra, en la vida pública y privada, en la ciencia y en la cultura, siempre en defensa de la dignidad del hombre, pues encarnaba vivamente la preocupación del comediógrafo latino Terencio: «Hombre soy, y nada humano me es ajeno».

Desde un principio, el infante Santiago *se defendió del memorismo puro* que intentaron inculcar en Jaca los escolapios cosechando castigos como «rebelde con causa». Con sus once años se defendió en Ayerbe por volar la puerta de un vecino con un cañón de propio diseño, aduciendo su espíritu creativo, explicación que fue enérgicamen-

te rechazada por su padre, don Justo (nombre que ya anunciaba la cosa juzgada de sus decisiones, su firmeza y rigor).

En la adolescencia, Santiago se defendía también de los abusones del Instituto de Huesca, en este caso tallando un cuerpo hercúleo e intentando usar la fuerza frente a quienes no entendían de razones (quizá captando el principio de legítima defensa).

Como anécdota de esos tiempos, en el verano de Ayerve, afortunadamente no necesitó abogado para *defenderse del pecado venial de hurtar los libros* del vecino para su jugosa lectura, pequeño delito impune pues nadie se enteró de la rapiña, ya que los devolvía cual biblioteca de préstamo. Al fin y al cabo, tenía la coartada de su sana conciencia de que no dañaba a nadie y forjaba su cerebro... antes de estudiar el cerebro de otros.

En la edad de los ideales, enrolado en el ejército y sirviendo como médico en el miserable hospital de San Isidro (Cuba), su corazón como *defensor de los débiles* afloró en sus atenciones hasta el desfallecimiento. Conocedor del cohecho e inmoralidad de vigilantes y cocineros del hospital que robaban en perjuicio de los pacientes, lo denunció enérgicamente al comandante de la guarnición por faltar a su deber. Pero éste, en vez de atajar el problema, aplicó represalias a Santiago, hasta el punto de colocarle dos caballos dentro del hospital junto a los enfermos para que los rebeldes no los robasen, lo que hizo estallar al aragonés, pese a estar encamado con paludismo, y mantener enérgicamente su queja ante el comandante y ante quien quisiera oírle, proclamando su responsabilidad con el bienestar de los enfermos.

Ya retornado a España, como universitario e investigador, pronto demostraría que contaba con el talento que adorna a los grandes abogados.

Los abogados se empeñan con tesón en fabricar estrategias, alegatos y pruebas, y en refleja conducta, el joven Santiago ya convertido en el maduro Cajal, escudriñaba las fronteras de la ciencia con ojos de halcón, diseñando sus propias herramientas, creando originales técnicas, y buscando ángulos novedosos para obtener el favorable veredicto de la comunidad científica.

Los abogados artesanos que abordaban su lucha contra grandes bufetes, debían adaptar su estrategia a la estatura de sus rivales. En su plano científico, Cajal sabía que debía competir con los investigadores extranjeros, así que tomó la iniciativa en *tres frentes de defensa activa*: primero, traducir sus trabajos importantes al francés, y provo-

car su difusión en Alemania; segundo, defender personalmente ante otros científicos sus preparaciones y tesis; y tercero, crear escuela con discípulos leales a la «gaya ciencia»(término del «alegre saber» acuñado por Nietzsche, a quien por cierto, Cajal atribuía una «soberbia satánica»).

La analogía con los letrados no se detiene ahí. Los abogados veteranos saben que el éxito radica en la minuciosidad, en el examen atento de la letra pequeña de la norma y el indicio o hecho relevante. Cajal pasaba infinidad de horas al microscopio y examinaba los tejidos con ojos que veían vertientes y hallazgos que pasarían inadvertidos al perezoso, pusilánime o prosaico.

Los abogados de éxito suscitan envidias del derrotado y de los colegas eclipsados por su reputación. Cajal, alzado sobre sus innegables triunfos, nacionales e internacionales, tuvo que *defenderse con elegancia de algunas rivalidades mezquinas*: cuando le arrebataron injustamente la cátedra de Granada; ante la polémica avivada por Camillo Golgi y sus adeptos en Europa, quien reclamaba la primacía sobre los hallazgos de Cajal; o cuando los defensores de la teoría reticular volvían al ataque de la teoría de la neurona, pero recibieron el contraataque más eficaz de Cajal con la andanada de dos años de experimentos y pruebas que ratificaban su colosal descubrimiento.

También tuvo ocasión de *defender enérgicamente la buena investigación* ante don Segismundo Moret, Jefe del Gobierno en 1906, cuando éste le propuso nombrarle ministro, actuando nuestro científico como eficaz abogado asesor, pues rechazó el cargo, pero le recomendó medidas avanzadísimas: la contratación de investigadores extranjeros, líneas de becas, la creación de institutos de investigación, la promoción del deporte y formación universitarios, la adquisición de equipos modernos, etcétera.

En definitiva, Cajal luchó por la patria y por la ciencia, combatiendo el pesimismo conformista que imperaba, defendiendo con verbo claro y altisonante, como un moderno Cicerón en el foro, en el Discurso pronunciado en el Colegio Médico de San Carlos en Madrid, el día 9 de mayo de 1905 («Psicología de Don Quijote y el quijotismo»)la necesidad de

> «Corregir en lo posible los vicios y defectos mentales de la raza española, entre los cuales, acaso el más fértil en funestas consecuencias sociales, es la escasez de civismos nobles y desinteresados, de sanos y levantados quijotis-

> mos en pro de la cultura, elevación moral y prosperidad duradera de la patria».

En su última etapa, tuvo que afrontar *la bendita defensa de los merecidos agasajos,* desde su proverbial humildad y su deseo de enfrascarse en su laboratorio, llegando a escribir con cálido humor que

> «En España, para salir con bien de los agasajos de los amigos y admiradores, hay que tener corazón de acero, piel de elefante y estómago de buitre».

Finalmente, nos queda el curioso el paralelismo entre uno de los máximo intelectuales del mundo del siglo xvi, el inglés John Locke y nuestro castizo Cajal, pues aquél fue también médico, empirista, humanista, caballeroso y estudioso de la mente («Ensayo del Entendimiento humano»), quien tempranamente sentó lo que nuestro Cajal convirtió en máxima de vida:

> «La única defensa contra el mundo es un conocimiento profundo del mismo» (Algunas reflexiones sobre la educación, 1691).

José R. Chaves
Magistrado

Capítulo 9

La visión dual de Santiago Ramón y Cajal: explorando la intersección entre ciencia y fotografía

José Luis Pariente F.

Introducción. A pesar de ser ampliamente reconocido por sus contribuciones a la neurociencia, la pasión y el talento de Cajal por la fotografía son aspectos menos explorados de su vida. Este breve ensayo busca dar a conocer esta dimensión artística, presentando a Cajal no solo como científico, sino también como un fotógrafo innovador y creativo. Refleja la dualidad de Cajal como científico y artista, destacando cómo su pasión por la fotografía complementó y enriqueció su labor científica, al compartir ambas disciplinas su creencia de que «la ciencia posee una varilla mágica y cierto talismán infalibles: llámanse respectivamente atención y reflexión.» (Ramón y Cajal, 1917, p. 42, itálicas del autor).

Cajal cultivó desde muy joven una profunda pasión por la fotografía, explorando sus múltiples facetas con la misma meticulosidad y devoción que caracterizaban su labor científica. Pretendemos, por tanto, iluminar la menos conocida, pero igualmente fascinante, trayectoria de Cajal como fotógrafo, fabricante de materiales fotográficos y teórico de la imagen y el color.

Los inicios. La incursión de Cajal en el mundo de la fotografía comenzó desde muy joven, cuando a raíz de un encierro escolar en Ayerbe, relatado detalladamente en su biografía, descubrió las maravillosas imágenes reflejadas en el techo producidas por el hueco en un ventanuco de su prisión temporal. Más tarde, en Huesca, pudo familiarizarse con el cuarto oscuro y el revelado de la imagen latente por medio del yoduro y el bromuro de plata. Más tarde, du-

rante su permanencia en la Habana, en su puesto de médico militar en Vista Hermosa, implementó incluso «con cajones y latas vacías» (ídem, pág. 152), un modesto laboratorio. Ya casado, se convirtió en un fabricante de placas al gelatino-bromuro, mejorando este tipo de emulsiones y llegó incluso a instalar un pequeño obrador ayudado por su esposa, Silveriña Fañanás. Esta faceta de su vida refleja una extensión natural de su enfoque experimental, aplicando su rigor científico al desarrollo y mejora de técnicas fotográficas. Habría que imaginar a Cajal, no solo como científico, sino también como un innovador en el estudio de fotografía, jugando con luces y sombras, y hasta experimentando con materiales fotográficos junto a su esposa. Su estudio no era solo un espacio de arte, sino un laboratorio donde la ciencia y la fotografía se fusionaban.

Los retratos. A través de su lente, Cajal se adentró en el estudio del alma humana, como revelan sus numerosos autorretratos y los retratos íntimos de su familia y amigos. Estas imágenes, cargadas de emotividad y profundidad, ofrecen una ventana a la vida personal del científico, mostrando un contraste entre el investigador público y el hombre privado, reflexivo y profundamente conectado con su entorno más cercano. A través de sus autorretratos y retratos de seres queridos, Cajal nos ofrece un vistazo íntimo a su vida. En general los hacía con un disparador de cable, hábilmente escondido entre los ropajes o incluso con posteriores retoques, utilizando re-encuadres y técnicas fotográficas que hablan de su habilidad y conocimientos fotográficos. Cada imagen es una ventana a momentos personales, revelándonos que detrás del científico había también un hombre con profundos lazos familiares y amistades.

La fotografía documental. Cajal llevó su cámara en sus numerosos viajes y excursiones fotográficas, capturando la esencia tanto de parajes de sus alrededores como de lugares lejanos y culturas diversas. Las imágenes del Monasterio Viejo de Juan de la Peña, por ejemplo, las hizo con placas de su propia fabricación (ídem, pág. 186). Estas fotografías no son solo recuerdos de sus aventuras, sino testimonios de su curiosidad insaciable y su deseo de entender el mundo en todas sus dimensiones. Los viajes de Cajal por Estados Unidos (1899), Italia (1903) y Londres (1908) se documentaron meticulosamente en fotografías que capturaban tanto la grandiosidad de los paisajes como la esencia de las culturas visitadas. Estas imágenes, reproducidas en tres estupendos tomos por las Cortes de Aragón, no solo sirven como crónicas visuales de sus experiencias, sino que

también demuestran cómo la curiosidad de Cajal trascendía las fronteras de la ciencia, abarcando la riqueza de la diversidad mundial y la belleza de la Naturaleza.

La microfotografía. Las microfotografías de Cajal representan quizás la fusión más directa de sus intereses científicos y fotográficos. A través de ellas, Cajal no solo revolucionó la comprensión del sistema nervioso, sino que también elevó la microfotografía a una forma de arte, capturando la complejidad y la belleza intrínsecas de las estructuras biológicas. Donde otros veían solo muestras bajo el microscopio, Cajal veía arte. Sus microfotografías de tejido cerebral no solo avanzaron la neurociencia, sino que también son obras de arte, mostrando la belleza oculta en los rincones más pequeños de la naturaleza. Destacan entre ellas su propio autorretrato de 1,5 mm, realizado entre los años 1979-80, en una placa portaobjetos sensibilizada al gelatino-bromuro argéntico (Ramón y Cajal, 1912, pág. 11).

La Fotografía de los Colores. La publicación de su libro sobre la fotografía de los colores destaca el interés de Cajal por los fundamentos teóricos de la fotografía, especialmente en lo que respecta a la captura y reproducción del color. Este trabajo no solo subraya su carácter innovador, sino que también presagia los futuros avances en la fotografía en color, demostrando su visión adelantada a su tiempo. Cajal también fue pionero en explorar cómo capturar la vibrante gama de colores del mundo natural en fotografías. Su libro sobre este tema no solo era adelantado a su tiempo, sino que abrió nuevas puertas para futuras generaciones de fotógrafos y científicos.

En el tomo II de los Recuerdos de mi vida, afirma que escribió este libro por dos motivos, «docente y patriótico el uno, y sentimental el otro...». El primero fue «contribuir con mi modesta iniciativa, a divulgar entre los aficionados a la heliocromía los principios físicos fundamentales de esta maravillosa aplicación de la ciencia». El segundo afirma que fue motivado porque su hijo Santiago enfermó seriamente del corazón y lo hizo para... «estimular iniciativas editoriales, base quizás de futuros negocios». (Ramón y Cajal, 1917, págs. 523-524).

En el libro describe detalladamente las diferentes capas sucesivas de emulsión y colorantes con los que se construyen las placas para la fotografía en color e incluye su propuesta de «retículo microtómico», consistente en bloques de seda de 8 mm cortados en el micrótomo, teñidos con los tres colores fundamentales y depositados en soporte de vidrio.

La Real Sociedad Fotográfica. La elección de Ramón y Cajal como presidente honorario de la Sociedad Fotográfica de Madrid, fundada en 1899, y en la actualidad Real Sociedad Fotográfica, es un testamento de su influencia y estima dentro de la comunidad fotográfica. Este papel no solo reconoció sus contribuciones técnicas y artísticas al campo, sino que también le permitió fomentar el desarrollo de la fotografía en España, inspirando a futuras generaciones de fotógrafos.

Conclusión. La historia de Santiago Ramón y Cajal nos enseña que las barreras entre ciencia y arte son, en muchos casos, construcciones de nuestra propia creación. Su legado es una invitación a mirar más allá de estas divisiones, animándonos a buscar la belleza y el conocimiento donde menos lo esperamos. A través del ejemplo de Cajal, hemos pretendido argumentar que una mente curiosa y observadora puede encontrar conexión y belleza tanto en el mundo natural como en su representación artística.

Al igual que en sus actividades científicas, Cajal abordó la fotografía con una mezcla única de rigor técnico y sensibilidad artística. Su exploración de la fotografía revela un hombre de insaciable curiosidad y creatividad ilimitada. A través de su reflexión teórica y su práctica, la fotografía se convirtió en otra faceta de su incansable búsqueda de conocimiento, otro maravilloso y creativo medio para investigar no solo las maravillas del mundo natural, sino también las profundidades de la experiencia y la sensibilidad humana.

Referencias

- Hernández Latas, J. A. (2000, 2001 y 2002). *Viajes fotográficos de Santiago Ramón y Cajal*. Tres tomos. Zaragoza: Cortes de Aragón.
- Larriba, M. (2020). Ramón y Cajal. *El ocaso del genio*. Salamanca: Amarante.
- Ramón y Cajal, S. (1912). *Fotografía de los colores. Bases científicas y reglas prácticas*. Madrid: Imprenta y Librería de Nicolás Moya.
- Ramón y Cajal, S. (1917). *Recuerdos de mi vida. Dos tomos*. Madrid. Edición facsimilar.
- Ramón y Cajal, S. (2010). *Reglas y consejos sobre la investigación científica*. Barcelona: Planeta DeAgostini.
- Ramón y Cajal, S. (2024). *El mundo visto a los ochenta años*. Barcelona: Red ediciones.

Capítulo 10

Santiago Ramón y Cajal y los modelos educativos

Luis Sánchez Arévalo

LA EDUCACIÓN EN SUS PRIMEROS AÑOS

La educación e instrucción del pequeño Santiago Ramón y Cajal, nacido en 1852, comenzó en Valpalmas (Zaragoza), cuando tenía cuatro años, lugar donde aprendió «los primeros rudimentos de las letras». Pero como él mismo escribió, «*mi verdadero maestro fue mi padre, que tomó sobre sí la tarea de enseñarme a leer y escribir y de inculcarme nociones elementales de geografía, física, aritmética y gramática*».

Gracias a su padre, a los seis años, «*escribía corrientemente y con pasadera ortografía*».

La admiración de la naturaleza constituía una de las tendencias irrefrenables de su espíritu, pues pasaba las horas libres de estudio correteando por los alrededores de su pueblo, explorando la naturaleza. Un anticipo del explorador de las neuronas en que se acabaría convirtiendo. Este espíritu exploratorio siguió con la pasión por los animales; incluso acabaría teniendo una gran colección de pájaros, a quienes prestaba cuidadosas atenciones. Ya en este momento se atisba el gran científico que sería, con una ética animal que parece sacada de nuestra época.

Con diez años, su padre le envió a vivir con su tío para que estudiara el bachillerato en un colegio de los escolapios de Jaca. El pequeño Santiago mostró su reticencia porque lo que quería realmente era estudiar en Huesca o Zaragoza para ir a una escuela de dibujo. Criticaba el uso exclusivo de la memoria y la excesiva disciplina, con el uso de métodos poco ortodoxos.

CAJAL Y LA JUNTA DE AMPLIACIÓN DE ESTUDIOS

En abril de 1900, se crea el Ministerio de Instrucción Pública y Be-

llas Artes. Por fin, la educación llegaba a los niveles más altos de las Administraciones del Estado. La Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) nació como una institución autónoma, pero dependiente de este Ministerio, en enero de 1907, siendo uno de sus vocales Santiago Ramón y Cajal.

En su primera sesión, fue elegido presidente por unanimidad del resto de los vocales, y lo fue hasta su fallecimiento en el año 1934.

En la propia exposición fundacional de la JAE puede verse un reflejo del contexto en el que surgió: «El más importante grupo de mejoras que pueden llevarse a la instrucción pública es aquel que tiende por todos los medios posibles a formar el personal docente futuro y dar al actual medios y facilidades para seguir de cerca el movimiento científico y pedagógico de las naciones más cultas, tomando parte en él con positivo aprovechamiento».

LAS AYUDAS A LOS ESTUDIANTES

El principal medio fueron las pensiones, actualmente llamadas becas. Ya había otros gobiernos que lo habían asimilado, como Rumanía, China o Japón. «El pueblo que se aísla, se estaciona y descompone».

Dieron muy buenos resultados, y se concedían de modo individual o en grupo, dentro de España o en el extranjero. A lo largo de los más de 30 años de vida de la JAE se recibieron más de 9.000 solicitudes de las que se atendieron a unas 2.000 personas.

El enfoque final no era solo el formativo a nivel personal de los pensionados. Se buscaba influir en la política científica del país. En la memoria de la JAE se recoge: «Se hace cada vez más importante la función de recoger a los pensionados que regresan del extranjero y ofrecerles medios de continuar en España sus trabajos». Como vemos, la fuga de cerebros no es nada nuevo, la JAE y Cajal ya eran conscientes de ello hace más de cien años.

RECURSOS AL SERVICIO DE LA EDUCACIÓN

Además, la JAE tenía más funciones: el servicio de ampliación de estudios dentro y fuera de España, las delegaciones en congresos científicos, el servicio de información extranjera y relaciones internacionales en materia de enseñanza, el fomento de los trabajos de investigaciones científicas y la protección de las instrucciones educativas en la enseñanza secundaria y superior.

La JAE recibió unos recursos económicos superiores a los que recibían las universidades españolas, un privilegio que focalizó críticas hacia la nueva organización. También recibió críticas su icónica

Residencia de Estudiantes, fundada en 1910 y por donde pasarían célebres personajes como Lorca, Dalí o Buñuel. Así como la anexión del Museo Antropológico a la JAE en 1910, con el nombre de Museo Nacional de Antropología.

Más signos de renovación de la política científica en España fueron la creación de centros de estudios y laboratorios, como el Centro de Estudios Históricos y el Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales. Entre 1910 y 1913 se consolidó como organización y se expandió, creando los principales centros dependientes de ella.

La organización tuvo sus altibajos durante la Primera Guerra Mundial y la dictadura de Primo de Rivera, pero siguió creciendo gracias a los esfuerzos de Cajal y en 1926 recibió su mayor inyección económica desde la Fundación Rockefeller para construir en Madrid el Instituto Nacional de Física y Química.

Tras la muerte de Ramón y Cajal y el posterior estallido de la Guerra Civil, la JAE se disolvió mediante un decreto en 1938, y en noviembre de 1939 se fundaría el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

CAJAL PROFESOR

Se ha escrito menos sobre Cajal y la docencia: su estilo y el legado que dejó a sus principales discípulos.

Impartió clase en Valencia, Barcelona y Madrid. Cajal intentaba transmitir a sus alumnos el resultado de sus investigaciones y su pasión por el progreso científico. Aplicaba la máxima de que «los mejores docentes son los mejores investigadores». La importancia que daba Cajal a sus clases se refleja en que, salvo enfermedad o viaje al extranjero, jamás faltó en cuarenta años a sus clases en la antigua Facultad de Medicina de Madrid. Cajal impartía clase en los primeros cursos, donde los alumnos evolucionaban rápidamente en sus conocimientos, además de profesar admiración y veneración por don Santiago. Incluso se sentían parte de sus éxitos por lo que decidieron acompañarle, entre gritos de júbilo, a su casa de la calle Atocha el día que recibió el telegrama de Estocolmo informándole de que se la había concedido el Premio Nobel.

¿Qué armas empleaba Cajal para despertar entre sus alumnos la pasión por la medicina y convencerles de que, como él mismo solía decir, «todo hombre puede ser, si se lo propone, escultor de su propio cerebro»?

EL DECÁLOGO DOCENTE DE CAJAL

1. Actualización de contenidos. No había resultado relevante que se obtuviera en cualquier centro de investigación del mundo que no usara para incluirlo en sus clases.

2. Se negaba a impartir clase sobre lo que desconocía.

3. Si algo tenía claro era que en la motivación del alumnado residía gran parte de su futuro. Por ello preparaba sus clases con minuciosidad. «En la máquina social hay que ser motor, no rueda; personalidad, no persona».

4. Cajal pensaba que los mejores apuntes son los libros. Por eso escribió innumerables materiales docentes.

5. Fomentaba entre el alumnado la importancia de la investigación básica.

6. No entendía la ciencia como un dogma de fe. Repetía a sus alumnos que en el proceso científico se cometen fallos. Como dijo Julio Verne: «La ciencia se compone de errores, que, a su vez, son los pasos hacia la verdad».

7. La docencia práctica es tan importante como la teórica.

8. Era un firme defensor de la retroalimentación entre la investigación y la docencia. «El estudioso es el que lleva a los demás a lo que él ha comprendido».

9. Se apoyaba en magníficas ilustraciones histológicas que le servían como complemento ideas de la docencia teórica y práctica.

10. Sus exámenes, fieles a su personalidad, eran duros y exigentes pero justos.

DISCÍPULOS MÁS AVENTAJADOS

Todos tenían algo en común con su maestro: la pasión por la ciencia, la obra de arte colectiva más importante de la humanidad.

Entre sus más destacados discípulos se encuentran Pío del Río-Hortega, Fernando de Castro, Rafael Lorente de Nó, y su hermano Pedro Ramón y Cajal. También trabajaron a su lado mujeres que fueron muy importantes en su carrera científica. Entre las más reconocidas está Laura Elisabeth Foster, una médico australiana que estudió medicina en la Universidad de Berna (Suiza). Y la toledana María Soledad Ruíz Capillas, que fue la primera mujer española con título

universitario que trabajó con Cajal, tras acabar la carrera de Medicina. Posteriormente, se dedicó a la Odontología.

En 2017 la UNESCO incluyó la Escuela, y los archivos de Cajal, en su programa Memory of the World del Patrimonio de la Humanidad para archivos y colecciones documentales. Fue la primera vez que distinguía a una escuela científica como tal y reconocía no solo la trayectoria del científico, sino su capacidad de formar una fructífera escuela a su alrededor.

Capítulo 11

R y C: Reglas y consejos, Ramón y Cajal

Alberto Jiménez Schuhmacher

Investigador ARAID en el IIS Aragón
Presidente del Centro de Estudios Cajalianos

Tuve la fortuna de que Reglas y Consejos (RyC, como Ramón y Cajal) cayera pronto en mis manos, en un momento decisivo y transformador que me encaminaba hacia los laboratorios. Sabía algo de Cajal, pero en mi cerebro hacían chispas la biología molecular, la oveja Dolly y los ratones transgénicos. Descubrí en una serie de televisión que Severo Ochoa era un gran admirador de Cajal y que ese libro fue para él una guía.

Tenía cheque en blanco en la Librería General en la que mi padre tenía una cuenta. Compré una hermosa edición que es el libro que más me ha acompañado. Esa edición está prologada por Don Severo y decía «*yo pasé por la gran desilusión de no tener como maestro a Cajal; de hecho, la de no haberlo conocido nunca. No lo tuve como maestro, porque Cajal se jubiló justamente antes de que yo ingresara en la Facultad de Medicina de Madrid. No le vi jamás pese a que era la figura que yo más admiraba e idolatraba y, a pesar de que mis maestros me ofrecían llevarme a visitarle, no me pareció que un joven estudiantillo como yo podía perturbar la paz o el trabajo de un hombre como don Santiago. Traté, sin embargo, siempre de organizar mi vida tomando a don Santiago, como modelo y pensando siempre en él. Si yo algo he sido o algo he hecho, a él se lo debo.*» [1]

Me impresionó mucho. Me sentí como Bastian leyendo La Historia Interminable. Para mí, este pequeño libro se convirtió en un tesoro. Su lectura me ordenó el pensamiento y fue una invitación a la Ciencia. RyC siempre ha sido para mí como queroseno en mi llama de vocación científica. Desde entonces no sé cuantas veces lo he leído, subrayado y regalado. No sé cuántas ediciones distintas he podido disfrutar y todas tienen algo que descubrir, incluso en los

prólogos de ediciones anteriores a menudo se detecta algún retoque del sabio aragonés.

A veces me imagino cómo sería la sesión de ingreso de Don Santiago como Académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales aquella tarde del 5 de diciembre 1897. Fue su discurso de ingreso titulado «*Fundamentos racionales y condiciones técnicas de la investigación biológica*» el que sirvió como base para este libro.[2] Cajal llevaba en mente escribir unas normas que le hubiera gustado recibir para no perderse en el camino cuando comenzó a trabajar en el laboratorio prácticamente de forma autodidacta. Llevaba años guardando notas y pensamientos. Esperaba redactarlo con calma, en algún tiempo impuesto de reposo por alguna enfermedad o incluso posponerlo al momento cuando el peso de los años le obligase a poner fin a su carrera de micrógrafo. El ingreso como académico le animó a ponerlo en orden.

La sesión de aquella tarde en la Academia tuvo gran acogida. Imagino el entusiasmo del Dr. Enrique Lluira que enseguida pensó que los consejos y advertencias incluidos en el discurso de Cajal podrían ser de utilidad para promover el «*amor y entusiasmo de la juventud estudiosa hacia las empresas del laboratorio*» y le animó a retocarlo, desarrollarlo y completarlo. Tanto que corrió generosamente con los costes de reimpresión.

Todavía hoy me asombra su lectura. Me sigue fascinando que sigan en vigor prácticamente todas sus reflexiones, como cuando describe algunas de las inquietudes enervantes del investigador principiante. Una de ellas, por ejemplo, pensar que está todo descubierto. ¡Lo escribió en 1897! No sabíamos nada entonces y nos queda todo por descubrir todavía. Desde que leí el libro observo cómo las personas que se inician en el laboratorio se fijan más en la técnica que en los problemas que debemos resolver. Recuerdo esos años de comidas del laboratorio donde se hablaba de «ciencia» pero lo que se discutían eran protocolos.

A menudo leo y releo los primeros capítulos para recordarme que las claves en la labor científica son la independencia mental, la curiosidad intelectual y la perseverancia en el trabajo. Leyéndole durante el doctorado, Cajal me advertía que esa admiración excesiva a la obra de los grandes iniciadores científicos y sus obras «*disminuiría mucho si imagináramos el tiempo y el esfuerzo, la paciencia y perseverancia, los tanteos y rectificaciones, hasta las casualidades que colaboraron en el éxito final, al cual contribuyeron casi tanto como el genio del investigador*». Sé

lo que pretendía decirnos, pero en mi caso, afortunado yo que he tenido la fortuna de trabajar con sabios, me ayudó a darme aún más cuenta del esfuerzo que hacían haciendo que los admirase aún más.

Sin duda el prólogo a la segunda edición, más allá de esta, pues Cajal editaba sus prólogos, es lo que siempre me ha inspirado más. Esas páginas esconden que «Toda obra grande, en arte como en ciencia, es el resultado de una gran pasión puesta al servicio de una gran idea».[3] [4]Cuenta que era alguien normal, que había gente mucho mejor que él y nos alienta diciendo que el camino para llegar a ser algo en la ciencia es sencillo: «se reduce a dos palabras: trabajo y perseverancia». Trabajo y perseverancia, dos palabras tatuadas en la mente.

Esta guía científica esconde palabras de aliento y nos anima a todos a cultivar la voluntad, para llegar a realizar una gran obra: «todo hombre puede ser, si se lo propone, escultor de su propio cerebro, y que aun el peor dotado es susceptible, al modo de las tierras pobres, pero bien cultivadas y abonadas, de rendir copiosa mies».[5]

Con las sucesivas ediciones el libro va aumentando las reflexiones acerca del papel del científico en la sociedad o de cómo el Estado debe fomentar su formación y apoyar sus trabajos. Finalmente incluye un profundo análisis de la situación de la ciencia en España, de las raíces de sus problemas y sus posibles soluciones. Con todo el tiempo que ha pasado uno desea que gran parte de este escrito se incluya en el programa electoral de todos los partidos para las siguientes elecciones. Y de una vez por todas se cumpla.

No somos conscientes del entorno que le tocó vivir a Cajal, el de una España pobre y analfabeta que viajaba en burro. En este contexto todavía sorprende más la gran obra científica que realizó Don Santiago. Tras el genoma, la próxima revolución biomédica viene de las neurociencias y su base reside en el trabajo de Cajal y el de su Escuela. Es un momento idóneo para relanzar la ciencia española y proyectar su figura.

La ciencia ha cambiado mucho, en especial la forma de trabajar que ahora es más colaborativa, multidisciplinar e internacional, pero RyC sigue de plena actualidad. Y más allá de la ciencia este libro debería promocionarse más, especialmente entre los jóvenes. Debemos cajalizar a la sociedad con sus valores y enseñanzas.

Carlos López Otín lo refleja muy bien cuando cuenta que «Don Santiago Ramón y Cajal fue mi primer referente científico. Sus raíces familiares en Larrés, justo al lado de mi Sabiñánigo natal, lo con-

virtieron en una figura mítica, pero a la vez muy cercana. Él fue el primero que me hizo imaginar que el talento es el bien mejor repartido del planeta y surge por igual en cualquier lugar. Después entendí que si Isaac Newton fue el último de los babilonios, pues sus ideas cambiaron una manera muy antigua de interpretar el mundo, don Santiago fue el último de los científicos que se ganó el derecho a escribir en singular. En soledad, en silencio, con su microscopio y sus lápices de dibujar, construyó pieza a pieza un universo neuronal que sirvió para explicar los secretos fundamentales de nuestra máquina de pensar.»[6]

«Tengo ya muy pocas certezas en la vida, pero una de ellas es la de que su colosal y magistral obra representa un hito esencial en nuestra búsqueda interminable del conocimiento y permanecerá vigente hasta el final del sueño del tiempo de la humanidad».

- [1] S. Ramón y Cajal. Reglas y consejos sobre la investigación científica. Los tónicos de la voluntad. Ed. Espasa Calpe (2000). Prólogo de Severo Ochoa p.1.
- [2] S. Ramón y Cajal. Fundamentos racionales y condiciones técnicas de la investigación biológica. Discurso de Ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 5 de diciembre 1897.
- [3] Ramón y Cajal, S., Reglas y consejos sobre investigación biológica, prólogo a la 2.ª ed. (1898), cap.I, p.26
- [4] Ramón y Cajal, S., Reglas y consejos sobre investigación científica. Los tónicos de la voluntad, prólogo a la 2.ª ed., (1914) p. 9.
- [5] Ramón y Cajal, S., Reglas y consejos sobre investigación biológica, prólogo a la 2.ª ed. (1898), pp. IX-X.
- [6] Santiago Ramón y Cajal. El hombre, el científico, el intelectual. Editores: Alberto Jiménez Schuhmacher y José María Serrano Sanz. Prensas Universitarias (2023). Sección Mi Cajal. Carlos López Otín. p 327.

Capítulo 12

Cajal y los investigadores

Marta Riera López

El impacto de Ramón y Cajal en la investigación científica es algo que no sorprenderá al lector. Sus descubrimientos en el campo de la neurociencia fueron el germen de la comprensión actual del sistema nervioso; su Doctrina de la neurona, donde postulaba que el sistema nervioso está compuesto por células cerebrales individuales y no un tejido conectado (teoría reticular) revolucionó la comprensión del funcionamiento del cerebro; Premio Nobel en 1906, junto a Camillo Golgi, sus investigaciones han cautivado, estimulado e inspirado a neurocientíficos de todo el mundo.

Decía Cajal hace más de un siglo «*lo hemos proclamado mil veces y lo repetiremos otras mil, España no saldrá de su abatimiento mental mientras no reemplace las viejas cabezas de sus profesores* (*Universidades, Institutos, Escuelas especiales*), *orientadas hacia el pasado, por otras nuevas orientadas al porvenir*». La política científica, en su opinión, implicaba el empleo simultáneo de estos cuatro modos de acción:

1.° Elevar el nivel intelectual de la masa para formar ambiente moral susceptible de comprender, estimular y galardonar al sabio.

2.° Proporcionar a las clases sociales más humildes ocasión de recibir en liceos, institutos o centros de enseñanza popular, instrucción general suficiente a fin de que el joven reconozca su vocación y sean aprovechadas, en bien de la nación, todas las elevadas aptitudes intelectuales.

3.° Transformar la Universidad, hasta hoy casi exclusivamente consagrada a la colación de títulos y a la enseñanza profesional, en un Centro de impulsión intelectual, al modo de Alemania, donde la Universidad representa el órgano principal de la producción filosófica, científica e industrial.

4.° En fin, formar y cultivar, mediante el pensionado en el extranjero o por otros métodos de selección y contagio natural, un plantel de profesores eméritos, capacitados para descubrir nuevas verdades y para transmitir a la

juventud el gusto y la pasión por la investigación original.

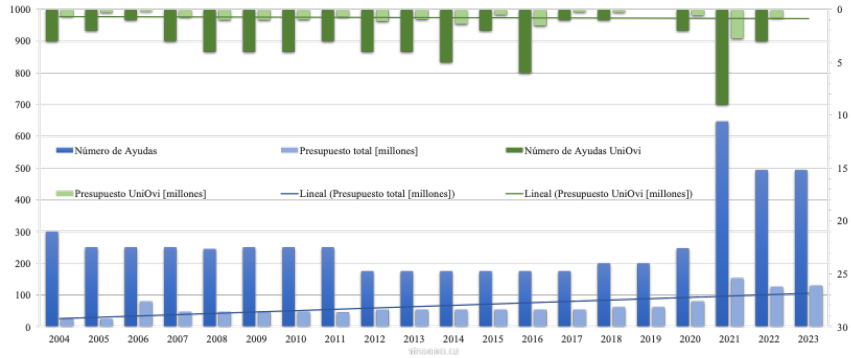
Las dos primeras indicaciones han venido resueltas por el devenir del siglo xx cuya segunda mitad nos legó un Estado social y democrático de derecho, un Estado del Bienestar. Las otras dos siguen en permanente debate.

El legado y herencia de Ramón y Cajal en la investigación científica perdura en la actualidad recibiendo múltiples homenajes. Quizás uno de los más llamativos fue el realizado en 1998 durante la misión de la NASA Neurolab donde, a bordo de la nave Columbia se llevaron doce preparaciones histológicas y nueve dibujos desarrollados por Cajal realizándose durante el vuelo espacial conexiones con la televisión de diversos países para difundir la repercusión de la obra de Cajal en la neurociencia.

Otro importante reconocimiento, promovido anualmente por el Ministerio de Ciencia desde el año 2001, rememora la influencia y relevancia de Cajal en el mundo de la investigación mediante la aprobación de Programas Estatales para Desarrollar, Atraer y Retener Talento. Era esta una preocupación permanente en vida de Don Santiago. El programa Ramón y Cajal nació con una característica vital, en aquel momento diferenciadora de cualquier otro programa existente, y era el propósito primordial del mismo, contratación laboral de doctores que desarrollasen proyectos de investigación específicos y singulares.

Durante los últimos veinte años de vida, el programa ha sido dotado presupuestariamente de más de 1.000 millones de euros en los Presupuestos Generales del Estado y ha ido evolucionando en cuanto al objetivo, número de ayudas concedidas y presupuesto disponible, entre otros aspectos, pero la esencia permanece intacta, el objetivo anhelado es la incorporación de personal investigador, español o extranjero, con una trayectoria destacada en las «filas» de nuestra casa, nuestra Universidad.

La evolución del número de ayudas y el presupuesto total de las mismas ha seguido una tendencia lineal positiva con un crecimiento muy elevado tras la pandemia. Dicha evolución se muestra en la siguiente gráfica:



En la Universidad de Oviedo en concreto, el número medio de ayudas Ramón y Cajal concedidas en los últimos años ha sido de tres anuales con una dotación presupuestaria media de 720.000 euros; si bien cabe destacar el ejercicio 2021 (post pandemia) donde el número de ayudas aumentó hasta nueve con un presupuesto de 2.739.366 euros.

Acerca de la universidad y autonomía universitaria se pronunció, duramente, Ramón y Cajal en los tónicos de la voluntad, en su nota 27 donde, se preguntaba « *¿De qué servirá emancipar a los profesores de la tutela del Estado si éstos no tratan antes de emanciparse de sí mismos, es decir, de sobreponerse a sus miserias éticas y culturales?*». Su diagnóstico es contundente: «*si cada profesor no mejora su aptitud técnica y su disciplina mental, si los centros docentes carecen del heroísmo necesario para resistir las opresoras garras del caciquismo y favoritismo extra e intrauniversitario, si cada maestro considera a sus hijos intelectuales como insuperables arquetipos del talento de la idoneidad, la flamante autonomía rendirá, poco más o menos, los mismos frutos que el régimen actual*».

Casi con toda seguridad, podemos afirmar que cuando Don Santiago publicó en 1904 su obra más importante, *Histología del sistema nervioso del hombre y los vertebrados*, nunca hubiera imaginado las cargas administrativas que padecen los investigadores del siglo xxi. A este respecto, hace ya más de una década, Máire Geoghegan-Quinn (exconsejera del Tribunal de Cuentas Europeo) difundía una batería de propuestas para reducir al mínimo las cargas administrativas en los programas de investigación europeos afirmando lo siguiente: «*Necesitamos conseguir que participen los mejores investigadores y las empresas más innovadoras y hay que facilitar que se concentren en los resultados, no en el papeleo*». No fue un brindis al sol, al menos no intencionado, pero ¿realmente es un hito logrado? Desgraciadamente, la evolu-

ción creciente de investigadores que se plantean dejar de concurrir a ayudas nacionales e internacionales (especialmente, en todo proyecto que contenga fondos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, no nos engañemos) parecen indicar lo contrario.

Y bien, ¿hay algo que podamos hacer las Universidades Públicas en general y los Vicerrectorados de Investigación en particular? El *top one* de las demandas recibidas prácticamente a diario hace referencia a la necesidad de más tiempo investigando y menos tiempo 'entre papeles'. A este respecto, debemos empezar recordando que, la Universidad Pública, como integrante del sector público institucional (art. 2.2.c Ley 39/2015) debe respetar, en la gestión de sus proyectos de investigación, las directrices de la normativa de derecho presupuestario, contabilidad pública, contratación pública y subvenciones de carácter estatal, que no son pocas precisamente... y a mayores la propia normativa interna que desarrolle cada institución.

Como entenderá el lector, sobre el legislador estatal poco o nada podemos hacer desde los Servicios de Investigación de las Universidades españolas si bien, donde si podemos *meter mano* es en nuestra normativa interna mediante el desarrollo e implementación de instrucciones sobre facturación y expediente electrónico que agilice el procedimiento para el investigador; instrucciones de contratación menor concebidas para aplicar la normativa mediante la autorización de procedimientos lo más laxos que esta permita; creación de procedimientos generales de compra y tramitación del gasto con expediente y facturación electrónica que aligeren el procedimiento especialmente en aquellas fases del proceso que deberán ser ejecutadas por los investigadores y la sistematización de procedimientos recurrentes mediante el desarrollo de aplicaciones informáticas para trámites como las convocatorias de contratación de personal investigador; la preparación de los documentos asociados a proyectos con fondos PRTR (DACI, cesión de datos, compromisos), son algunas ideas.

Capítulo 13

Ramón y Cajal, de profesión histólogo

Manuel Garrosa

Como se ha dicho en repetidas ocasiones, Santiago Ramón y Cajal era un polímata que practicó, y con maestría, múltiples ocupaciones, como la literatura, la fotografía, la pintura, la bacteriología, la gestión, la medicina general, el hipnotismo, el ajedrez, el fisioculturismo, el ateneo, la tertulia, el excursionismo, etc., pero lo que Cajal era de profesión era histólogo. Tras haber ocupado la cátedra de Anatomía de la Facultad de Medicina de Valencia (1883-1887), fue catedrático de Histología, primero en la Facultad de Medicina de Barcelona, de 1887 a 1892, para acceder a continuación a la de la Universidad Central (hoy Complutense de Madrid) hasta su jubilación en 1922, simultaneando su actividad investigadora en Histología en el Laboratorio de Investigaciones Biológicas.

Encontró Cajal su vocación por la Histología cuando cursando como asignatura del doctorado en el laboratorio del primer catedrático de Histología de España, Aureliano Maestre-de San Juan, quedó fascinado al observar al microscopio las laminillas de cristal consistentes en las preparaciones histológicas, que le mostraban la estructura de los órganos a la vez que maravillosos paisajes microscópicos.

La Histología es la ciencia que trata del estudio de la estructura, composición química y funciones de las células y matriz extracelular de los tejidos y de cómo éstos se integran para formar los órganos en animales y plantas. Así, si bien etimológicamente la palabra Histología proviene de los vocablos griegos «histos» (tejido) y «logía» (estudio), la Ciencia Histológica se extiende más allá del nivel de organización tisular hacia el celular y molecular inferiormente y al orgánico superiormente. Para ello se vale del microscopio, así como de otros medios amplificantes, como los que provee hoy día la informática, y de una serie de técnicas de preparación muy variadas, entre

las cuales se incluyen tinciones con colorantes, reacciones histoquímicas, inmunohistoquímica, hibridación *in situ*, trazado de vías, microespectrofotometría, citometría de flujo, autorradiografía, análisis de elementos químicos, PCR in situ, cultivos celulares, transferencia genómica, etc.; siempre sobre los tejidos apoyados por medios amplificantes, con las variadísimas modalidades de microscopios que van desde la clásica microscopía de campo claro a la microscopía cuántica, permitiendo los más modernos llegar a integrar estructura y función.

Tras unos primeros estudios pioneros de microscopistas de los siglos xvi y XVII, la Histología se conforma en su concepción moderna en el primer tercio del siglo xix, encontrándose libros sobre Histología publicados por españoles en el segundo tercio de ese siglo. Esta nueva ciencia ofrecía a Cajal, por un lado, un gran terreno para desarrollar y, por otro, un deleite estético muy al gusto de la sensibilidad artística que siempre lo acompañó.

Decidida su vocación por esta ciencia y obtenido el grado de Doctor, comenzó Cajal sus estudios histológicos con un microscopio Verick en un pequeño laboratorio montado en el desván de su casa con los ahorros de su sueldo de capitán médico en la primera guerra de Cuba. Ganadas las oposiciones como catedrático de Universidad, aplicaría su ingenio y la gran constancia en el trabajo que le caracterizaban para alcanzar los grandes descubrimientos que han dado a España la más alta gloria en el ámbito biomédico con la consecución del Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1906.

Sus mayores descubrimientos los realizó en el sistema nervioso, siendo quien consiguió desentramar, empleando modificaciones de las técnicas de impregnación argéntica, la célula nerviosa (neurona) entre el enjambre de prolongaciones que muestra el tejido nervioso que, hasta entonces, era mayoritariamente considerado como un retículo, sin una célula individualizada. Cajal demostró en 1888 la independencia de las neuronas, enunciándolo como «Ley de los Contactos Pericelulares», que hoy conocemos como Teoría Neuronal. Con ésta, además, se completaba la Teoría Celular, hasta entonces falta de su constatación en el tejido nervioso. También Cajal enuncia la «Ley de la Polarización Dinámica» con la que da una visión funcional de cómo viaja el impulso nervioso para comunicar unas neuronas con otras y llevar la información de unos centros nerviosos a otros. Estos descubrimientos supusieron un nuevo paradigma explicativo para entender el funcionamiento del cerebro y otros órganos nerviosos y

acercarnos a comprender cómo tiene lugar el procesamiento sensorial y las acciones derivadas de nuestra voluntad, sentando asimismo las bases para investigar las alteraciones de este funcionamiento que dan lugar a las enfermedades en Neurología y Psiquiatría y buscar su curación, además de ofrecer modelos para la creación de ordenadores y la cibernética. Como vemos, a la Histología no sólo le preocupa la estructura sino también la función desempeñada por dichas estructuras, constituyendo la base de la Anatomía, Fisiología y Patología. A ello se ha sumado más recientemente una vertiente terapéutica de la Histología consistente en la fabricación de tejidos artificiales, dentro del campo de la Ingeniería Tisular al servicio de la Medicina Regenerativa.

La obra cumbre de Cajal es su libro «*Textura* (*Histología*) *del Sistema Nervioso del Hombre y de los Vertebrados*», que más de un siglo después sigue teniendo vigencia, siendo de obligada consulta por quien quiera investigar en el sistema nervioso. Otra obra destacada es el estudio de la Degeneración y Regeneración del Sistema Nervioso, pues la Histología no sólo atiende al estado maduro y en reposo de los tejidos, sino que se interesa por su desarrollo, adaptaciones funcionales, crecimiento, renovación, regeneración, reparación e involución de los mismos, siempre en su estado de salud, pues las alteraciones consecuencia de las enfermedades entran en el terreno de la Anatomía Patológica.

A todo ello añade Cajal el gran valor de haber dado origen a la Escuela Española de Histología, que lideraría la Neurohistología mundial en la primera mitad del siglo xx, alcanzando las más altas cotas de excelencia científica con figuras como Río-Hortega, Lorente de Nó, Achúcarro, de Castro, Tello, Lafora, etc.; incluyendo también mujeres como Laura Foster, Manuela Serra y María Soledad Ruiz-Capillas.

El buen hacer y dedicación al trabajo que siempre mostró Cajal le han situado como figura egregia de la ciencia mundial, por lo que los españoles nos sentimos orgullosos de él, especialmente los histólogos, que tenemos colgados su retrato en la pared del despacho como tónico de la voluntad. A esa valía científica unía nobles valores morales por lo que Santiago Ramón y Cajal debe ser conocido por las modernas generaciones como estímulo motivador y modelo a emular.

Manuel Garrosa
Catedrático de Histología. Facultad de Medicina e INCYL, Universi-

dad de Valladolid.
Presidente de la Sociedad Española de Histología e Ingeniería Tisular (SEHIT).

Capítulo 14

Cajal, las enfermedades neurodegenerativas y el cáncer

Esperanza Arias-Pérez

lnvestigadora principal en el Centro de Excelencia Nathan Shock para la investigación del Envejecimiento. Facultad de Medicina Albert Einstein, Nueva York.

El Doctor Ramón y Cajal es una figura destacada, entre otras áreas de conocimiento, en el campo de la histología y la neurociencia; y que propició la transformación de nuestra percepción del cerebro y el sistema nervioso. Internacionalmente reconocido en el área de la neurociencia, ha dejado una herencia intelectual perdurable. Su trabajo abrió el camino del conocimiento de la estructura y función del sistema nervioso central, estableciendo los cimientos para futuras investigaciones de la medicina contemporánea en este área.

Sus contribuciones, ideas, descubrimientos y conocimientos, tuvieron en aquella época, y siguen teniendo actualmente, un impacto muy significativo en nuestra comprensión de las enfermedades neurodegenerativas en particular. Las investigaciones de Ramón y Cajal establecieron los pilares para el entendimiento de enfermedades como el Alzheimer, el Parkinson y la esclerosis lateral amiotrófica. Sus estudios minuciosos sobre la morfología neuronal revelaron la complejidad y la plasticidad del cerebro humano. A través de su técnica de tinción de células nerviosas, pudo visualizar y describir con precisión las neuronas y sus conexiones sinápticas. Estos hallazgos fueron clave para comprender cómo las alteraciones en las sinapsis y la degeneración neuronal contribuyen al desarrollo de enfermedades neurodegenerativas.

Su observación meticulosa de las muestras, que él mismo preparaba, también permitieron entender mejor procesos como la plastici-

dad cerebral, y la capacidad del cerebro para reorganizarse y adaptarse en respuesta a nuevas experiencias y lesiones. Concepto que es esencial también para comprender cómo el cerebro puede adaptarse y responder a los cambios que van aconteciendo progresivamente durante el curso de las enfermedades neurodegenerativas.

En relación al campo específico de la oncología y el cáncer, aunque Ramón y Cajal no se focalizó específicamente en este área, sus trabajos histológicos y del estudio de la patología celular fueron cruciales para entender algunos procesos íntimamente relacionados con la proliferación celular anormal, una característica central de esta enfermedad. Muchas de sus detalladas observaciones iniciales no se demostraron hasta décadas después, pero sirvieron para proporcionar una idea bien formada sobre las células tumorales, sentando las bases para la investigación moderna sobre esta enfermedad.

Casi un centenar de sus preparaciones originales que se conservan corresponden a casos de cáncer: melanomas, epiteliomas y lesiones metastásicas, entre otras. Basándose en sus propias observaciones, Ramón y Cajal estableció una nueva clasificación de los tumores. No en vano, el libro de texto que él mismo escribió, cubre ampliamente esta patología, donde destaca la relación entre morfología y función en las células cancerosas; tratando temas como la proliferación celular, la relevancia de la mitosis en estas células, o la angiogénesis mediada por el tumor.

A pesar de que los métodos y tecnologías han evolucionado desde la época de Ramón y Cajal, su riguroso trabajo e incansable compromiso por comprender la complejidad del cerebro y las enfermedades neurológicas, así como las cancerosas, nos siguen inspirando a los científicos de hoy en todo el mundo.

Capítulo 15

Santiago Ramón y Cajal y la investigación científica

Isidro Sánchez-García

Profesor de Investigación del Centro de Investigación del Cáncer de Salamanca (CIC-IBMCC)

La investigación científica es una necesidad inevitable que realizan los seres humanos para poder sobrevivir, vivir y progresar. La investigación se materializa en un camino que persigue un fin mayor a través de uso del conocimiento. Por lo tanto, la investigación es futuro, porque, por definición, descubre metas de futuro. Y el futuro es investigación o no será, ya que la alternativa es la desesperanza. Esta realidad bien la conocen las personas que padecen enfermedades incurables o la sociedad que termina de pasar la pandemia del SARS-CoV-2, cuya única esperanza viene de la investigación. Es bueno, necesario e inevitable que el futuro sea investigación. Esta visión ya la anticipó Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), padre de la Neurociencia moderna y cuyos descubrimientos sirven de base actualmente para poder resolver muchas enfermedades que afectan al sistema nervioso.

Me gustaría hacer algunas reflexiones sobre las cualidades que debe tener el científico y que ya destacó de manera magistral Santiago Ramón y Cajal, cualidades que siguen teniendo total vigencia en nuestros días. Estas cualidades del investigador le posibilitaron abordar y resolver cuestiones esenciales mediante una aproximación basada en *hypothesis-based research* (tan rara en nuestros tiempos) *y* no en *technology-based research,* ya que es la única manera de resolver los grandes retos científicos.

En primer lugar, el investigador tiene que tener independencia de criterio. Esta independencia de criterio es un rasgo dominante en los

investigadores eminentes, como fue su caso. Como él mismo decía, el investigador «*ante la obra de sus predecesores y maestros no permanece suspenso y anonadado, sino receloso y escudriñador. Aquellos espíritus que, como Vesalio, Eustaquio y Harveo, corrigieron la obra anatómica de Galeno, y aquellos otros llamados Copérnico, Keplero, Newton y Huygens, que echaron abajo la astronomía de los antiguos, fueron sin duda preclaros entendimientos; pero, ante todo, poseyeron individualidad mental, ambiciosa y descontentadiza y osadía crítica extraordinaria*». Obviamente, esto implica que la investigación tiene un coste. El coste, al menos, del riesgo de gestionar incertidumbres, y para ello hay que estar dispuesto a gestionar ese coste. Por eso investigar es sinónimo de ambición, de ganas de arriesgar, de actitud para resolver un reto científico usando de modo original el conocimiento.

Y esto enlaza con otra característica que debe tener el científico: el científico debe tener gusto por la originalidad. Esto hace que la investigación posea una estética admirable: la estética del privilegio de poder pisar un terreno completamente virgen, la estética de haber forjado un pensamiento que no pasó jamás por la mente humana, la estética de lograr una meta que parecía inalcanzable, la estética de aprender investigando, la estética de hacer posible lo que parece imposible. Esto implica que el objetivo científico que se persigue no esté sujeto a las fluctuaciones de la opinión, al silencio de la envidia, ni a los caprichos de la moda. Santiago Ramón y Cajal vivió la estética de la investigación y la describía así: «*la emoción placentera asociada al acto de descubrir es tan grande, que se comprende perfectamente aquella sublime locura de Arquímedes, de quien cuentan los historiadores que, fuera de sí por la resolución de un problema profundamente meditado, salió casi desnudo de su casa lanzando el famoso Eureka: «¡Lo he encontrado!» ¡Quién no recuerda la alegría y la emoción de Newton al ver confirmada por el cálculo, y en presencia de los nuevos datos aportados por Picard con la medición de un meridiano terrestre, su intuición genial de la atracción universal! Todo investigador, por modesto que sea, habrá sentido alguna vez algo de aquella sobrehumana satisfacción que debió experimentar Colón al oír el grito de ¡Tierra! ¡Tierra! lanzado por Rodrigo de Triana. Este placer inefable, al lado del cual todos los demás deleites de la vida se reducen a pálidas sensaciones, indemniza sobradamente al investigador de la penosa y perseverante labor analítica, precursora, como el dolor al parto, de la aparición de la nueva verdad. Tan exacto es que para el sabio no hay nada comparable al hecho descubierto por él, que no se hallará acaso un investigador capaz de cambiar la paternidad de una conquista científica por todo el oro de la tierra. Y*

si existe alguno que busca en la Ciencia, en vez del aplauso de los doctos y de la íntima satisfacción asociada a la función misma del descubrir, un medio de granjear oro, este tal ha errado la vocación: al ejercicio de la industria o del comercio debió por junto dedicarse»

Además de la independencia de criterio y la originalidad, el científico tiene que tener perseverancia. Decía Santiago Ramón y Cajal que el científico necesita imprimir una gran actividad a sus trabajos: «*apenas un nuevo método se esboza, numerosos sabios se aprovechan de él, aplicándolo casi simultáneamente a los mismos temas y mermando la gloria del iniciador*».

En resumen, toda obra grande es el fruto de la paciencia y de la perseverancia, combinadas con una atención sistemáticamente orientada de manera tenaz hacia un objetivo particular. Así lo confesó Santiago Ramón y Cajal al ser preguntado por el secreto de sus creaciones. Siguiendo esta estela podemos estar convencidos de que el futuro es investigación, el único camino para desterrar la desesperanza.

Capítulo 16

El olfato antes y después de Cajal

Eduardo Weruaga Prieto

No es el más importante, ni el que nos ofrece más información práctica, ni el más conocido, pero el olfato es el más misterioso y *mágico* de los sentidos que tenemos. Un rasgo que lo hace misterioso es la naturaleza del estímulo que provoca la percepción olfativa. La razón por la que pienso que es *mágico* está en los circuitos cerebrales del fenómeno de la olfacción, un esquema que Cajal comenzó a dibujar en su gran obra «*Histología del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*»[1].

La ciencia y la tecnología siempre han ido de la mano, una y otra repartiéndose la vanguardia. A finales del siglo xix tanto la química analítica y cómo la química orgánica emprenden una escalada científico-técnica sin precedentes, que se traslada también a la biología, hasta entonces cimentada en la descripción detallada de estructuras y procesos morfológicos. En este tiempo se comienza a hablar tímidamente de sentidos químicos (el mismo Cajal no utiliza este término), por entenderse que la base de las sensaciones gustativas y olfativas residía en una naturaleza química del estímulo. Lo que siempre ha hecho misterioso el olfato es que el estímulo no tiene un origen «tangible», como pueden tener las moléculas de los alimentos, que se disuelven en la saliva y saturan nuestra lengua. La volatilidad tan alta del estímulo olfativo no muestra intuitivamente el origen de éste, por lo que se hace muchas veces casi imposible definirlo: ¿qué cosa es la que emite este olor?, ¿una misma cosa puede emitir varios olores... incluso muy diferentes?

Cajal describe perfectamente las neuronas de la mucosa olfativa, que son las que inician el fenómeno cerebral de la percepción sensorial olfativa, la olfacción. El manejo prodigioso de la impregnación argéntica de Golgi le hace descubrir en una zona de la mucosa de

la cavidad nasal algo único entre los órganos sensitivos: neuronas verdaderas. Esos corpúsculos o neuronas asoman sus dendritas al exterior, y emiten una *fibra* muy fina hacia el interior de la mucosa; hoy hablamos de *axones* finos repletos de canales de Na^+ dependientes de voltaje. Sin quitarle mérito a Cajal (que siempre lo tiene), es lógico pensar que un estímulo que está en el aire, y que despierta nuestro sentido sólo si lo inhalamos, tiene que conectar de alguna manera la gran cavidad nasal con el cerebro. Los estudios de Cajal desvelan totalmente el misterio de la información sensorial: células -y sólo células- son los elementos capaces de traducir la presencia de un olor en el aire en una percepción cerebral, mediante axones que llegan hasta el cerebro. En este caso, los axones originados en la frontera externa llegan a la superficie del bulbo olfativo, una tipo de corteza cerebral muy primitiva. Es así como se cierra el *misterio* del olfato: exterior/aire/olor *vs.* interior/cerebro/olfacción.

Uno de los méritos de D. Santiago fue mostrarnos verdades universales, buscando realidades morfofuncionales del ser humano en otros contextos biológicos, como en patologías nerviosas, durante el desarrollo del individuo, o en otras especies representativas de la escala filogenética. No debemos olvidar que Cajal es un hombre y un científico de su tiempo: amplía las realidades anatómicas que la teoría evolucionista de Darwin utilizó como eje para la comprensión de nuestro mundo vivo a la histología y función del sistema nervioso. Cajal así hace gala de un profundo conocimiento del desarrollo ontogenético (embrionario, en una generación) y filogenético (a través de generaciones). Esa descripción de los elementos y circuitos del sistema olfativo y su comparación con la retina es un claro ejemplo de la conexión de Cajal con la ciencia de su siglo, a pesar de las dificultades de intendencia que suponía trabajar en un país del sur de Europa.

Sin embargo, Cajal no es todavía capaz de dilucidar la misteriosa capacidad del olfato para distinguir infinidad de olores. No es hasta un siglo más tarde cuando Linda Buck[2] recibe el premio Nobel en Medicina y Fisiología en 2004 por «*sus descubrimientos de los receptores de odorantes y la organización del sistema olfativo*». En estos cien años después de Cajal, las ciencias biológicas han avanzado tanto que me atrevo a asegurar que nuestro sabio aragonés tendría que volver a matricularse en la Universidad para asimilar los conceptos actuales de la vida: sus corpúsculos *hoy* son células repletas de vida. *Hoy* las células poseen una maquinaria metabólica compleja y una

estructura formada por billones de moléculas invisibles, como las proteínas, cuya estructura viene codificada en un puñado de cromosomas. Y precisamente Buck pone en valor las proteínas específicas que los corpúsculos -células- de Cajal en la mucosa olfativa utilizan para distinguir el billón de olores que somos capaces de reconocer[3]. Los receptores moleculares olfativos de Buck son proteínas que se presentan imbuidas en las membranas celulares de los cilios que asoman al exterior, *a la espera* de la llegada de moléculas olorosas u odorantes. Estos receptores moleculares son como cerraduras que custodian las puertas de nuestra percepción, cuyos engranajes sólo se mueven si una llave muy precisa -el odorante- llega hasta su puerta. La unión odorante-receptor desencadena una serie de reacciones celulares que estimulan esa neurona olfativa enviando información en forma de *corriente*[4] por sus axones desde la mucosa al bulbo olfativo.

Fig. 1. *Esquema del sistema olfativo de un mamífero por D. Santiago. Las neuronas de la mucosa olfativa (A) se unen no sólo morfológicamente con los glomérulos olfativos (B) del bulbo olfativo, sino que la información -olfativa- viaja en forma de corrientes que el sabio representa con flechas direccionales. Una neurona olfativa de la mucosa nasal sólo termina ramificándose en un único glomérulo del bulbo olfativo. La información allí recibida viaja por las dendritas de las siguientes neuronas, las células mitrales (C), que continúan enviando la información a otras regiones de la corteza olfativa mediante sus largos axones (E). Legado Cajal. Instituto Cajal (CSIC), Madrid.*

Cajal describe con exactitud que la percepción olfativa está sustentada en neuronas que unen el exterior de la cavidad nasal al interior del cráneo, hacia una estructura (órgano lo llamaba Cajal) en forma de ampolla con la categoría absoluta de formar parte del encéfalo, el bulbo olfativo. Cajal describe que cada uno de esos axones que surgen de cada una de las neuronas de la mucosa olfativa van a terminar ramificándose en una sola estructura globosa de la corteza del bulbo olfativo, el glomérulo (olfativo), como podemos ver en la Fig. 1. En este dibujo original, el niño pintor que Cajal llevaba dentro nos muestra no sólo la realidad microscópica, sino que dibuja el concepto biológico de la información nerviosa: las neuronas y sólo las neuronas (sus corpúsculos) son los mediadores de la corriente nerviosa, que se refleja como unidireccional tanto de las dendritas al soma como del soma al final de los axones. Precisamente, al relatar en su obra magna la estructura del sistema o aparato olfativo,

asegura que «...*Algunas de las hipótesis expuestas anteriormente, la de la polaridad dinámica de las células nerviosas, por ejemplo, encuentran su fundamento más firme en la estructura del bulbo olfativo y de la retina*». No es sólo mi opinión, hoy consideramos que esta realidad descrita por Cajal es algo simplemente intuitivo: el olor, que está fuera de nosotros, llega al umbral del organismo en la mucosa olfativa y desde allí desencadena hacia nuestro interior el fenómeno misterioso de la percepción sensorial (olfativa). Pero no le voy a quitar mérito a nuestro sabio: con sus técnicas histológicas llevadas al súmmum demuestra la existencia de circuitos morfológicos, complejos pero discretos, y se atreve a formular que sólo bajo la existencia de éstos puede producirse la percepción olfativa, aventurándose con certeza a señalar una corriente de información... Debemos contextualizar estos descubrimientos en una ciencia relativamente nueva a finales del XIX, la Histología, que no asumía como universal el concepto de célula como elemento mínimo gestor de la vida, y menos en el enigmático tejido nervioso central... *¡chapeau!*

Estoy seguro de que Cajal tenía en mente poder explicar el misterio del reconocimiento de diversos olores, pero no podía con los conocimientos y técnicas que empleaba. Linda Buck le hubiera proporcionado lo que le faltaba: cada neurona de la mucosa olfativa puede distinguir sólo un tipo de odorante, al expresar mayoritariamente un único tipo de receptor molecular olfativo. Cajal hubiera entonces utilizado en su esquema distintos *colores* para pintar neuronas olfativas que gestionan la información de distintos *olores*, convergiendo sus axones en un único glomérulo del bulbo olfativo, que gestiona internamente un solo tipo de olor. Lo que no se podía imaginar D. Santiago (ni siquiera muchos de mis colegas) es que la paleta de colores para pintar neuronas olfativas es enorme: unos 1.200 genes olfativos diferentes codifican 1.200 receptores olfativos que pueden distinguir unas 1.200 moléculas odorantes diferentes. Hoy sabemos que este alfabeto es muy amplio en los roedores[5] y que en el ser humano quedó reducido evolutivamente a sólo 480 letras, pero la combinación de «corrientes olfativas de diferentes *colores*/*olores*» puede permitirnos distinguir teóricamente una paleta de más de un billón de olores.

El esquema que dibujó Cajal se ha ido completando durante estos años: otro tipo de neuronas pequeñas modulan la información olfativa que las células mitrales del bulbo olfativo reciben de los glomérulos (Fig. 1) y éstos de la mucosa olfativa: las células periglomerulares

y los granos. Cajal ya los describe e incluye en el esquema, atreviéndose a comparar su función con las interneuronas amacrinas y horizontales de la retina, considerando ambos órganos sensoriales con un funcionamiento similar: corrientes olfativas o visuales directas y pequeñas neuronas locales (hoy las llamamos interneuronas) que modulan la información que circula por las primeras. Cajal escribe literalmente como científico y como profesor universitario que «*...la mucosa y el bulbo olfativos son dos órganos en íntima relación que siempre deberían describirse en un mismo capítulo de histología del sistema nervioso*». Este planteamiento de similitud morfológica y funcional en distintas partes del cerebro se ha constatado posteriormente en casi todos los sistemas de percepción sensorial.

El olfato también es *mágico*, un término parecido a misterioso pero con connotaciones positivas. Decimos que la percepción olfativa es mágica porque nos evoca situaciones pasadas con una carga emotiva muy fuerte, la mayoría de las veces «agradable», aunque también puede ser sombría y aterradora. Ello es porque en el circuito olfativo la información llega rápidamente a la amígdala, una región cerebral que gestiona la sorpresa, el miedo, la angustia, pero también el afecto, el cariño, la alegría, la euforia... las emociones. La amígdala en una estructura clave para la supervivencia, ya que integra las emociones con los patrones de respuesta ante una situación que se han adquirido innatamente o mediante aprendizaje. La conexión tan directa con la amígdala y tan indirecta con el tálamo hacen único y *mágico* el olfato y lo diferencian del resto de los sentidos, incluso del gusto. Cajal específicamente no describe en su totalidad estas conexiones, pero sienta las bases para que otros lo hagan, no sólo con su método de impregnación sino con técnicas moleculares más sofisticadas.

Lo repetiremos hasta la saciedad: el trabajo que comenzó Cajal sentó las bases de la actividad cerebral: los circuitos neuronales. Fue algo tremendamente revolucionario en su tiempo, en el que todavía se apostaba por flujos de consciencia intracerebrales difusos, etéreos y fugaces. Cajal aclaró que el olor -difuso, etéreo y fugaz- se convierte en nuestro cerebro en percepción olfativa mediante corrientes cerebrales precisas, concretas y perdurables.

[1] Ramón y Cajal, S. *Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux chez l´homme et chez les vertébrés,* (ed. revisada y ampliada). Reinwald C. & C^{ie}, París, 1894 (desde pp. 99).

[2] Buck L & Axel R. A novel multigene family may encode odo-

rant receptors: a molecular basis for odor recognition. *Cell* (1991) 65:175-87.

[3] Bushdid C et al., Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli. *Science* (2014) 343:1370-2.

[4] «corriente» es el término usado por Cajal para referirse al flujo de información unidireccional dentro de y entre las neuronas. Hoy sabemos que no se trata de una corriente eléctrica al uso, sino de cambios bioeléctricos que se ajustan a otras realidades biofísicas. Ramón y Cajal, S. *Les nouvelles idées*..., 1894 (desde pp. 24).

[5] La mayor familia de genes en el genoma de los vertebrados.

Capítulo 17

Cajal y el inicio de las investigaciones sobre factores neurotróficos

Ana Purificación Velasco Criado

Uno de los aspectos más destacados en la faceta investigadora de Santiago Ramón y Cajal fue su inclinación a establecer explicaciones funcionales de lo que observaba a través del microscopio y su capacidad para formular hipótesis avanzadas y novedosas, pero plausibles. Así, por ejemplo, desde mediados del siglo xix se había observado que tras efectuarse la sección de un nervio se producía la reconstrucción funcional del mismo, pero no se había podido dilucidar los mecanismos morfológicos y fisiológicos implicados en el proceso de regeneración nerviosa. A comienzos del siglo xx, Santiago Ramón y Cajal decidió estudiar con un nuevo método de tinción este proceso de regeneración. Para ello experimentó diseccionando el nervio ciático de animales jóvenes y dejando los extremos libremente o practicando suturas. El método de tinción consistía en la inmersión de los tejidos en un baño de nitrato argéntico y posterior reducción en un baño formólico. Con estos experimentos, Cajal demostró que no se producía reconstitución funcional de los axones seccionados, que atribuyó entonces a la ausencia de un «factor neurotrófico». La demostración de la existencia de una sustancia química responsable del crecimiento de los nervios seguramente estaba fuera de las posibilidades de Cajal y de la investigación biológica de su tiempo, pero él ya en cierta forma lo aventuró con sus observaciones. Habría que esperar casi medio siglo, con investigaciones realizadas por Vikor Hamburger y Rita Levi-Montalcini para el aislamiento e identificación del factor de crecimiento nervioso NGF. Desde entonces, muchos grupos de investigación hemos intentado contribuir al conocimiento de nuevos factores neurotróficos. Nuestro grupo de in-

vestigación en la Universidad de Salamanca, liderado en su comienzo por el profesor José María Medina, ha trabajado durante décadas analizando el papel neurotrófico de determinados ácidos grasos que se acumulan durante el desarrollo cerebral. En el cerebro, los ácidos grasos son un componente estructural mayoritario, que se encuentran en niveles elevados tanto en la membrana neuronal como en la vaina de mielina. Se estima que el 50% de la membrana neuronal está compuesta de ácidos grasos que forman parte de los fosfolípidos. En trabajos realizados en animales euploides, se demostró que el ácido oleico es capaz de promover patrones similares a los observados en la diferenciación neuronal. En este sentido, se observó la agrupación de los somas neuronales, formando estructuras que se asemejan a la materia gris y promoviendo una distribución radial de las proyecciones dendríticas y los axones para contactar con grupos de neuronas adyacentes y dejando un espacio equivalente a la materia blanca del sistema nervioso central (SNC)[1]. La presencia de ácido oleico formando un complejo con la albúmina produce un incremento de las proteínas marcadoras de diferenciación neuronal, MAP-2 y GAP-43. A pH fisiológico, la solubilidad del ácido oleico es muy baja; por tanto, se hace necesaria la interacción o unión con algunas proteínas que faciliten tanto su solubilización como su transporte en el suero, además de su translocación a través de las membranas celulares para su disponibilidad a nivel extra- o intracelular. La albúmina es la principal transportadora de ácidos grasos en el plasma y puede entrar en las células mediante difusión simple o por mediación de proteínas específicas de membrana. Trabajos en nuestro laboratorio demostraron que la síntesis de ácido oleico es inducida en los astrocitos por la albúmina[2]. El proceso comienza con la internalización de la albúmina en los astrocitos a través de un sistema dependiente de caveolina[3]. Posteriormente, la albúmina sufre un proceso de transcitosis, que incluye su paso por el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi. De hecho, la albúmina promueve en el retículo endoplasmático la hidrólisis de SREBP-1, factor de transcripción que induce la enzima estearil-CoA desaturasa (SCD-1), enzima limitante de la síntesis de ácido oleico[2]. Una vez sintetizado, el ácido oleico es liberado al medio extracelular formando un complejo albúmina-ácido oleico que induce la migración neuronal y la formación de nuevas sinapsis[1] e incrementa los niveles de colina acetiltransferasa (ChAT)[4]. Estos y otros muchos estudios han contribuido a explorar las posibilidades de tratamientos con ácido oleico en patologías que cursan con

deterioro cognitivo como, por ejemplo, el síndrome de Down. Así, se ha observado que los cerebros de los individuos con síndrome de Down presentan defectos en la neurogénesis y la sinaptogénesis durante las etapas prenatal y postnatal temprana, que son parcialmente responsables de sus discapacidades cognitivas. En trabajos realizados en los últimos años en el laboratorio de la profesora Carmen Martínez-Cué, de la Universidad de Cantabria, se ha puesto de manifiesto que la administración de ácido oleico y ácido linolénico durante el periodo embrionario y postnatal en animales modelo de síndrome de Down, Ts65Dn (TS), produce una mejora en las capacidades cognitivas y una mayor densidad del marcador postsináptico PSD95 (proteína de densidad postsináptica 95) en comparación con los animales TS tratados con vehículo[5]. Asimismo, se ha evaluado la capacidad de estos ácidos grasos para restaurar los fenotipos alterados en el modelo de ratón TS de síndrome de Down. Los resultados obtenidos muestran que el ácido oleico aumenta el número total de células DAPI+, el porcentaje de células BrdU+ que adquieren un fenotipo neural, el número de terminales presinápticas y postsinápticas y, las capacidades cognitivas de los ratones TS. En cambio, el ácido linolénico sólo produce una ligera mejora cognitiva en los ratones TS[6]. Estos datos, tomados en su conjunto, permiten concluir que determinados ácidos grasos son nutrientes esenciales con importantes implicaciones en el desarrollo del cerebro. La búsqueda de farmacoterapias contra déficits cognitivos y de neurodesarrollo basados en estos y otros hallazgos es un reto que debe, por tanto, impulsar a la comunidad científica para seguir avanzando sobre el sólido andamiaje iniciado por Cajal con sus investigaciones.

- Tabernero A, Lavado EM, Granda B, Velasco A, Medina JM. Neuronal differentiation is triggered by oleic acid synthesized and released by astrocytes. J Neurochem. 2001 Nov;79(3):606-16. doi: 10.1046/j.1471-4159.2001.00598.x. PMID: 11701764.
- Tabernero A, Velasco A, Granda B, Lavado EM, Medina JM. Transcytosis of albumin in astrocytes activates the sterol regulatory element-binding protein-1, which promotes the synthesis of the neurotrophic factor oleic acid. J Biol Chem. 2002 Feb 8;277(6):4240-6. doi: 10.1074/jbc.M108760200. Epub 2001 Nov 27. PMID: 11724788.
- Bento-Abreu A, Velasco A, Polo-Hernández E, Lillo C, Kozyraki R, Tabernero A, Medina JM. Albumin endocytosis via megalin in astrocytes is caveola- and Dab-1 dependent and is required for

the synthesis of the neurotrophic factor oleic acid. J Neurochem. 2009 Oct;111(1):49-60. doi: 10.1111/j.1471-4159.2009.06304.x. Epub 2009 Jul 25. PMID: 19656258.

- Hijazi M, Fillat C, Medina JM, Velasco A. Overexpression of DYRK1A inhibits choline acetyltransferase induction by oleic acid in cellular models of Down syndrome. Exp Neurol. 2013 Jan;239:229-34. doi: 10.1016/j.expneurol.2012.10.016. Epub 2012 Nov 1. PMID: 23124096.
- García-Cerro S, Rueda N, Vidal V, Puente A, Campa V, Lantigua S, Narcís O, Velasco A, Bartesaghi R, Martínez-Cué C. Prenatal Administration of Oleic Acid or Linolenic Acid Reduces Neuromorphological and Cognitive Alterations in Ts65dn Down Syndrome Mice. J Nutr. 2020 Jun 1;150(6):1631-1643. doi: 10.1093/jn/nxaa074. PMID: 32243527.
- Vidal V, García-Cerro S, Rueda N, Puente A, Bartesaghi R, Martínez-Cué C. Early postnatal oleic acid administration enhances synaptic development and cognitive abilities in the Ts65Dn mouse model of Down syndrome. Nutr Neurosci. 2022 Jul;25(7):1400-1412. doi: 10.1080/1028415X.2020.1861897. Epub 2020 Dec 21. PMID: 33345728.

Capítulo 18

Cajal y el desarrollo del sistema nervioso

Laura López-Mascaraque

Instituto Cajal-CSIC

En este artículo, exploraremos el papel crucial que desempeñaron los trabajos de Cajal sobre el desarrollo del sistema nervioso, que condujeron a descubrimientos fundamentales y a la formulación de teorías revolucionarias que transformaron nuestra comprensión del sistema nervioso.

En la segunda mitad del siglo xix, el panorama científico en el campo de la neurociencia estaba dominado por la teoría reticularista, defendida por muchos anatomistas de la época. Según esta teoría, se creía que el sistema nervioso estaba formado por una red de elementos cuyas prolongaciones se fusionaban para transmitir el impulso nervioso. Esta, sufrió una ligera redefinición gracias al trabajo de Camillo Golgi, utilizando un método desarrollado por él mismo, el método de Golgi (1873). Mediante este método Golgi observó la independencia de las dendritas, a las que atribuyó funciones nutritivas, y formuló que la red estaba formada por los axones y sus colaterales. Wilhelm His, en la década de 1880, estudiando el desarrollo de los neuroblastos postulaba que cada fibra nerviosa se originaba a partir de una célula individual. Esta hipótesis respaldaba la idea de la independencia funcional de las unidades neuronales y representaba un desafío directo a la teoría reticularista predominante en ese momento. A finales de la década de 1880, las posiciones reticularista y neuronista estaban claramente definidas, pero la falta de técnicas histológicas específicas dificultaba la resolución del debate entre ambas teorías. En este contexto Cajal entra en escena, desempeñando un papel crucial en el desarrollo de la neurociencia moderna.

El método de Golgi, permitía la impregnación de tejidos nerviosos, revelando la estructura de las neuronas de una manera sin pre-

cedentes. Cajal conoció el método de Golgi en 1887, en Madrid, en el domicilio del neurólogo Luis Simarro, siendo catedrático en la Facultad de Medicina de Valencia. Cajal se propuso mejorar y sistematizar la técnica de Golgi para hacerla más efectiva y reproducible, incorporando modificaciones en el protocolo de la técnica. Además, propuso el método ontogénico, que implicaba la aplicación de método de Golgi en embriones o animales muy jóvenes, antes de que las prolongaciones de las células nerviosas se diferenciasen totalmente. Según palabras de Cajal: «*el Método Ontogénico consiste en someter las piezas, una vez extraídas del nitrato de plata, á un nuevo tratamiento por el baño osmiobicrómico y a otra impregnación argéntica. Así, mientras Golgi y sus discípulos fijaban las piezas durante cinco ó más días, yo no solía pasar de uno*». Este enfoque le permitió estudiar el desarrollo del sistema nervioso desde sus etapas más tempranas y observar cambios morfológicos y patrones de desarrollo en las neuronas y las células gliales que las acompañan: «*Escogiendo bien la fase evolutiva, las células nerviosas, relativamente pequeñas, destacan íntegras dentro de cada corte; las ramificaciones terminales del cilindro-eje dibúnjanse clarísimas y perfectamente libres; los nidos pericelulares, esto es, las articulaciones interneuronales, aparecen sencillas, adquiriendo gradualmente intrincamiento y extensión; en suma, surge ante nuestros ojos, con admirable claridad y precisión el plan fundamental de la composición histológica de la sustancia gris*» (Cajal, 1917).

Los Descubrimientos de Cajal Explorando las Fases del Desarrollo

Mediante su método ontogénico, Cajal exploró las distintas etapas del desarrollo del sistema nervioso, desde la embriogénesis hasta etapas tempranas del desarrollo, antes de que se produjera la mielinización, lo que le permitió identificar patrones únicos de crecimiento y migración neuronal. Una de las contribuciones más importantes de Cajal fue su descripción del crecimiento de las fibras nerviosas (Ramón y Cajal, 1890). Observó cómo las fibras nerviosas extienden en el proceso de crecimiento, utilizando el término «olisqueo», para describir la capacidad de las fibras nerviosas para explorar su entorno y decidir hacia dónde deben dirigirse. Esta observación destacó la naturaleza dinámica y activa del desarrollo neural, mostrando que las fibras nerviosas no crecen de manera pasiva, sino que interactúan activamente con su entorno para encontrar su destino adecuado. Cajal descubrió la terminación libre de los axones, así como el cono de crecimiento de las neuronas, que es una estructura

especializada en la punta de las fibras nerviosas en desarrollo que facilita su crecimiento y dirección: «*Yo tuve la fortuna de contemplar por primera vez ese fantástico cabo del axón en crecimiento. En mis cortes de la médula espinal del embrión de pollo de tres días, mostrábase este cabo a modo de conglomerado protoplásmico de forma cónica, dotado de movimientos ameboides. Pudiera compararse a ariete vivo, blando y maleable, que avanza, empujando mecánicamente los obstáculos hallados en su camino, hasta asaltar su distrito de terminación periférica. Esta curiosa maza terminal fue bautizada por mí: cono de crecimiento*».

Cajal observó similitudes entre los movimientos ameboideos observados en ciertos tipos celulares, espermatozoides y ciertos leucocitos, y las migraciones de las neuronas durante la embriogénesis en la médula espinal, cerebelo, cerebro y retina. Estas observaciones lo llevaron a proponer la existencia de tropismos o tactismos, donde las neuronas responderían a señales químicas liberadas por diferentes tejidos, guiando así su crecimiento y migración: los axones crecerían primero, seguidos de las dendritas. Se postulaba que señales más potentes podrían incluso inducir la migración de los cuerpos neuronales, como se observaba en los gránulos del cerebelo y algunas neuronas corticales. En 1892, en un artículo publicado en la revista *La Cellule* sobre la estructura de la retina, Cajal postuló la «Teoría Neurotrófica», según la cual los conos de crecimiento se orientarían hacia su ubicación exacta atraídos por sustancias específicas regulados por una quimotaxis positiva y negativa. Hoy sabemos que tanto la atracción-repulsión como la estimulación del crecimiento ejercen un papel esencial en el sistema nervioso y aún se están identificando moléculas con estas propiedades Cajal también sugirió que mecanismos similares a los de la embriogénesis podrían estar involucrados en la regeneración neuronal y el mantenimiento del sistema nervioso en la vida post-embriogénica. En caso de lesiones, las neuronas podrían activar mecanismos regenerativos para reparar el tejido dañado, aunque a una velocidad mucho más lenta que durante el desarrollo embrionario. Sus observaciones y teorías sentaron las bases para el estudio de la plasticidad neuronal y la regeneración del sistema nervioso, temas fundamentales en la neurociencia contemporánea…

Cajal también fue el primero en sugerir que las fibras de glía radial eran en realidad procesos astrocitarios modificados que funcionaban como soporte durante la histogénesis cortical: «*Con igual ardor y fortuna acometí después la evolución ontogénica de las células y fibras de la corteza cerebelosa. En tan sugestivo dominio, varios interesantes problemas*

esperaban urgente solución. ¿Cómo crecen las fibras aferentes y se organizan las conexiones por contigüidad entre las trepadoras, por ejemplo, y el tallo de los corpúsculos de Purkinje? Durante la ontogenia cerebelosa, la expresión metafórica arborización trepadora, ¿no implica quizás una acción real y efectiva de trepar?». Finalmente, Cajal sugirió implicaciones funcionales de la heterogeneidad astroglial relacionando sus morfologías, ubicación e interacción con las neuronas con un posible papel en el control de comportamientos complejos como el sueño, la vigilia y la atención.

En resumen, las investigaciones de Santiago Ramón y Cajal sobre el desarrollo del sistema nervioso, utilizando su método ontogénico, han tenido un impacto profundo en la neurociencia moderna. Sus detalladas descripciones de las diferentes etapas del desarrollo neuronal, desde la embriogénesis hasta la mielinización, sentaron las bases para nuestra comprensión actual de cómo se forma y funciona el sistema nervioso.

Capítulo 19

Mujeres neurocientíficas en la Escuela de Cajal

Elena Giné Domínguez

La figura de Santiago Ramón y Cajal, ganador del Premio Nobel en 1906 por su teoría de la neurona, ocupa un lugar central en la historia de la neurociencia. Cajal no solo fue un científico de renombre sino también un mentor para las futuras generaciones de neurocientíficos, incluidas algunas mujeres notables que contribuyeron a la ciencia en una época en la que predominaban las barreras de género. A pesar de que la narrativa histórica a menudo ha omitido a estas mujeres, Cajal les brindó su reconocimiento explícito en una lista solicitada por la Real Academia Española de Físicas, Exactas y Ciencias Naturales en 1922, año de su jubilación. En esta lista entre los miembros de la escuela de Cajal con nombres eminentemente masculinos resaltan dos mujeres: Laura Forster y Manuela Serra. Sus trabajos científicos, además, son recogidos por el Nobel en el apéndice de sus memorias, «Recuerdos de mi vida», edición 1923. Un último nombre femenino aparece asociado al de Cajal en un artículo del periódico ABC. Tras la entrevista al científico, el periodista le acompaña a una visita por el instituto y es allí donde fotografía a la Dra. Soledad Ruiz Capillas junto al Dr Lafora. Esta fotografía refuerza la idea de que las mujeres tenían un papel activo y reconocido dentro de la comunidad científica de la época, aunque su visibilidad haya sido hasta ahora limitada. Otros nombres como María Luisa Herreros, Asunción del Amo, Dorothy S. Rusell o Amanda Pellegrino de Iraldi completarían la lista de mujeres que contribuyeron significativamente al campo de la Neurohistología, en estos casos de la mano de alguno de los discípulos de Cajal.

Laura Foster, médica británica de origen australiano, destacó tanto en el campo de la investigación neurohistológica como en su servicio humanitario durante los conflictos bélicos. Estudió medicina en

una de las universidades más abiertas a aceptar mujeres, la Universidad de Berna, Suiza, donde, además, inició su carrera investigadora estudiando las fibras del huso muscular, tema de su tesis doctoral defendida en 1894. A su regreso a Inglaterra, combinó la investigación histológica en Oxford con labores asistenciales, publicando trabajos sobre los husos musculares en fetos, la histología del ovario y los ganglios linfáticos afectados por tuberculosis. Recomendada por el Dr. Mann, director del laboratorio de Fisiología de la Universidad de Oxford, Foster se trasladó al laboratorio de Cajal en Madrid, donde su investigación se centró en la degeneración de fibras nerviosas en aves tras lesiones en la médula espinal, utilizando las técnicas neurofibrilares de Cajal. Sus hallazgos, similares a los descritos por Cajal en mamíferos, fueron publicados en español en la revista de Trabajos del laboratorio de Investigaciones Biológicas. Cajal citó su trabajo al menos en tres ocasiones entre los años 1913 y 1917 destacando por su meticulosa ilustración al modo de Cajal.

Con el estallido de la Primera Guerra de los Balcanes, Foster se alistó como enfermera, enfrentándose a las limitaciones que le impedían ejercer como médico en el frente de batalla. Durante la I Guerra Mundial, se unió a la Cruz Roja británica, sirviendo primero en Bélgica y luego como cirujana en Rusia, donde trabajó sin barreras lingüísticas. Posteriormente, se incorporó a la Cruz Roja Rusa, supervisando un hospital de campaña en Turquía durante una epidemia de tifus. Su última posición fue en un hospital en Zalishchyky, operado por la Unión Nacional de Sociedades de Sufragio Femenino, donde su salud se vio mermada por el arduo trabajo, falleciendo de insuficiencia cardíaca en 1917. Su muerte fue lamentada en Australia, donde se la recordó y homenajeó como una figura ejemplar para las mujeres en medicina.

Manuela Serra se incorpora a la temprana edad de 17 años a trabajar en el Laboratorio de Investigaciones Biológicas como preparadora, un rol equivalente al de un técnico de laboratorio en la actualidad. Bajo la supervisión de Cajal aplica un método innovador para teñir las células de la neuroglia en el que se introducía un paso con bromuro de formol-amonio. En su artículo, resultado de estas investigaciones, Serra describió con precisión las fibrillas intracelulares en las células ependimarias y los astrocitos de la médula espinal de la rana. Además, indica la presencia de células de «mesoglía», que hoy son reconocidas universalmente como «microglía», tanto en la sustancia blanca como, probablemente, en la sustancia gris del cerebro. Este

término, que inicialmente hacía referencia al origen embrionario de estas células, coexistía con el de «microglía» y «células de Hortega», este último en homenaje a su descubridor, Pío del Río-Hortega.

El trabajo de Serra no solo proporcionó una rica ilustración de su estudio, con un total de siete figuras, sino que también ofreció observaciones detalladas de características hasta entonces poco documentadas, como los procesos astrogiales engrosados bajo la piamadre y los pies perivasculares. Uno de los hallazgos más fascinantes fue la división de un astrocito en tejido nervioso adulto, una evidencia temprana de la capacidad mitótica de células gliales maduras. La importancia de Manuela Serra en el laboratorio se extendió más allá de su artículo, siendo reconocida por la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) como miembro del Laboratorio desde 1921 hasta 1925 y en algunos momentos, incluso fue considerada una de las directoras de trabajos en el Instituto Cajal. Esta consideración compartida por otros miembros prominentes de la Escuela Neurológica Española, subraya la importancia de su colaboración científica y la distingue de ser meramente una técnica de laboratorio. La historia de Manuela Serra, aunque limitada temporalmente en su carrera científica debido a las convenciones sociales de la época que dictaban que las mujeres debían abandonar el trabajo una vez casadas, sigue siendo un testimonio de la presencia de mujeres en el ámbito científico y en la escuela de Cajal en concreto.

A estas dos mujeres que trabajaron directamente bajo la dirección de Cajal se le suma una última por ser coetánea de Cajal.

María Soledad Ruiz-Capillas, nacida en Toledo en 1902, se distinguió por ser la primera mujer española con título universitario que trabajó en el círculo de Cajal. Tras completar sus estudios de Medicina en la Universidad Central con excelentes calificaciones, se une al grupo de Gonzalo R. Lafora en el Laboratorio de Fisiología General del Instituto Cajal financiado por la Junta para Ampliación de Estudios (JAE). Bajo la dirección de Lafora, Ruiz-Capillas colaboró en el estudio de los centros térmicos diencefálicos en el gato, continuando con el estudio de los problemas de sueño derivados de lesiones, y los efectos en el sueño de la infusión de diversas soluciones iónicas y otras sustancias. También participó en los estudios sobre los problemas del sueño en estado catatónico después de la ablación de doble tálamo de Spiegel en animales de experimentación. A La Dra. Ruiz-Capillas se le encomendó la determinación del emplazamiento exacto de los daños causados tras la intervención y la comparación

la histología de las estructuras normales y dañadas. Según nuestra investigación, no existen publicaciones oficiales atribuidas directamente a la doctora María Soledad Ruiz-Capillas, pero hemos encontrado huellas de una publicación científica (en español) y una comunicación científica a un encuentro internacional, ambas firmadas por Gonzalo R. Lafora y Julián Sánz-Ibáñez, que parecen estar estrechamente vinculadas al campo de estudio en el que Ruiz-Capillas había estado trabajando. A pesar de enfrentar desafíos significativos, como la incompatibilidad técnica en el nuevo edificio del Instituto Cajal que afectó la continuidad de su investigación, Ruiz-Capillas mostró una adaptabilidad impresionante, cambiando su enfoque profesional cuando fue necesario hacia la dirección de balnearios o la odontología y convirtiéndose en la primera mujer médico en ejercer en la provincia de Gerona.

Las mujeres que colaboraron con Cajal se enfrentaron a numerosos desafíos, desde la falta de reconocimiento hasta las limitaciones en el acceso a la educación y a las posiciones académicas. Sin embargo, su perseverancia y contribuciones científicas han comenzado a ser reconocidas en estudios recientes, resaltando la importancia de diversificar las narrativas en la historia de la ciencia y constatando la presencia, hasta ahora desconocida, de mujeres neurocientíficas en la Escuela de Cajal.

Capítulo 20

Cajal y los nacionalismos

José R. Alonso

Es posible que la filiación emocional y patriótica de Cajal estuviera marcada por su nacimiento en Petilla de Aragón. Esta pequeña localidad está enclavada en territorio de la provincia de Zaragoza, pero es un enclave dependiente administrativamente de Navarra como resultado de su cesión a este reino a comienzos del siglo xiii. Cajal consideró que carecer de una patria chica bien precisada —por esa extraña localización de su pueblo natal y por haberlo abandonado con dos años de edad— había sido una ventaja para sus sentimientos patrióticos «que han podido correr más libremente por el ancho y generoso cauce de la España plena». Es algo que también se palpa en su época de adolescente en Jaca cuando, sentado ante el río Aragón «río sagrado solar aragonés que da lugar al ancho cauce de la patria aragonesa, que a su vez desemboca también en la dilatada mar de la patria española», deja clara su idea de que el patriotismo regional solo tiene sentido para él si se integra en un patriotismo nacional español.

Hay que recordar que Cajal muere en 1934 -antes de la Guerra Civil y la posterior dictadura que tanto ha marcado nuestra visión de España y del concepto de «patria»- y que su vida personal y su visión política están muy marcadas por las dos guerras que vive en primera persona: las carlistas, que conoce en su primer destino militar, y la hispanonorteamericana, donde perdemos el resto del imperio colonial y está a punto de perder la vida. Le afecta mucho también la I Guerra Mundial, de la que culpa a los nacionalismos: «*la monstruosa guerra europea, que no fue, como se complacen en propagar espíritus candorosos tocados de abogadismo incurable, el conflicto por los mercados ni la pugna entre dos concepciones antitéticas del Estado, sino muy principalmente el fruto amargo del orgullo nacional*».

Cajal muestra en sus memorias su incomprensión con los deseos independentistas de catalanes y vascos. Contrapone estas tendencias separatistas a su experiencia personal junto a unos y otros en las empresas militares comunes. Por otro lado, Cajal tiene una visión política centralista y españolista y no entiende, al final de su vida, cómo se ha llegado a un ambiente de enfrentamiento y disgregación, algo que contrasta con sus experiencias directas con los catalanes. En su trabajo como médico militar en el Regimiento de Burgos, cuyo cuartel general estaba en Lérida, recorrió distintas partes de Cataluña. Recordaba con aprecio a un comerciante de paños de Tárrega que le albergó con generosidad en su casa, llegando incluso a adelantarle dinero por las soldadas que no llegaban, y la amabilidad de un médico de quien también fue huésped en Sallent. Años después escribe «*¡Entonces los laboriosos catalanes amaban a España y a sus soldados!… Después… no quiero saber por culpa de quiénes, las cosas parecen haber cambiado*». También habla con afecto de sus compañeros y de los estudiantes catalanes en sus años en la Universidad de Barcelona, comentando su inteligencia, su dedicación al trabajo y su respeto al tiempo ajeno. Cajal responde a las críticas nacionalistas catalanas:

> *también los catalanes necesitan para fundamentar sus juicios situarse a espaldas de la Historia. Castilla no expolió jamás al Principado. Ella fue víctima, como Cataluña, de los funestos déspotas austríacos y borbónicos. ¿Qué culpa tiene de que Felipe IV, el imbécil, cercenara los fueros del Principado y de que un rey francés intruso, Felipe V, arrebatara cuanto restaba de los antiguos privilegios?*

El cambio de los sentimientos de pertenencia y patria se produce en torno al cambio de siglo, un período que ve el nacimiento de los nacionalismos vasco y catalán, que alteran la visión novecentista de España como nación única y único ámbito de soberanía. En Cataluña, el catalanismo cultural evoluciona al nacionalismo identitario, se establecen los símbolos nacionales, se adopta un discurso reivindicativo y victimista y se establecen las bases ideológicas y los recursos necesarios para la construcción de un proceso independentista. Cajal, cayendo quizá en los tópicos, relaciona la desastrosa política seguida con el fin de las colonias con la búsqueda del enriquecimiento de unos pocos. En El mundo visto a los ochenta años escribe: «*La causa del separatismo catalán es puramente económica. Tuvo su origen en 1900,*

con la pérdida del espléndido mercado colonial.» Con respecto al nacionalismo del PNV sentencia despectivamente «*En cuanto a los vascos, proceden por imitación gregaria*». En esas mismas memorias póstumas, Cajal escribe un capítulo titulado «Las ventajas del arancel generosamente otorgado por España» donde explica cómo para acallar las reivindicaciones nacionalistas se ha admitido un impuesto que graba las importaciones y privilegia las industrias catalana y vasca con el resultado de que todos los españoles tienen que pagar más por lo que sería más barato si se abriesen los mercados y se facilitase la competencia. Cajal despotrica también del dirigente peneuvista y sus seguidores:

> *¡Cuánta ingratitud tendenciosa alberga el alma primitiva y sugestionable de los secuaces del vacuo y jactancioso Sabino Arana!*

Cajal, en aquella época de crisis que va de un desastre (1898) a los prolegómenos de otro aún mayor (1936), manifiesta su sentimiento herido hacia unos privilegiados que encima se quejan de ser perseguidos y que solo quieren al resto de España como mercado para los productos de sus fábricas:

> *Fuimos expulsados de un mundo cuya conquista nos costó ríos de sangre.. y aquello derivó en la génesis del separatismo disfrazado de regionalismo ¡Y pobre Castilla, la eterna abandonada por reyes y gobiernos! ¿Qué sarcasmo! Despojada primeramente de sus libertades, bajo el odioso despotismo de Carlos V, ayudado por los vascos, sufre ahora la amargura de ver cómo las provincias más vivas, más mimadas y privilegiadas por el Estado, le echan en cara su centralismo avasallador! Vedla postergada y sumisa una vez más, a los pies de sus ambiciosos explotadores, para quienes representa simple colonia industrial.*

A esa trágica situación, Cajal responde con un patriotismo cultural y científico. Cuando habla de sus ideas en contra de los separatismos Cajal pide en algún momento perdón por haberse mostrado «excesivamente apasionado» y aduce como excusa «la viveza de mis convicciones españolistas, que no veo suficientemente compartidas ni por las sectas políticas más avanzadas, ni por los afiliados más vehementes a los partidos históricos». Cajal tiene más de ochenta años y se queja de un mundo que ya no comparte. Hace también

un diagnóstico muy duro que nos hace pensar, salvando todas las distancias, en la situación actual:

> *Convengamos… en que moramos en una nación decaída, desfalleciente, agobiada de deudas, empequeñecida territorial y moralmente, en espera angustiosa de mutilaciones irreparables… Yo desearía creer en el ingenuo optimismo compartido por algunos catalanes prestigiosos…, empero cada día aparecen síntomas menos tranquilizadores.*

Cajal augura ya una posible fragmentación de la patria común y afirma que si le preguntaran que haría él ante esa deriva secesionista, henchido de patriotismo exasperado «*contestaría sin vacilar: La reconquista manu militari, y cueste lo que cueste*». Quiero pensar que Cajal valoraría cómo hemos sido capaces, con tiranteces y problemas, de aprobar una constitución, de no fragmentar el país, de alcanzar nuestros máximos niveles de desarrollo económico y científico y que la mayoría de la población opte por un futuro solidario y compartido, una España nuestra, de todos.

Para leer más:

- Alonso JR y De Carlos JA (2018). Cajal. Un grito por la ciencia. Next Door, Pamplona.
- Calvo Roy A (1999) Cajal. Triunfar a toda costa. Alianza Editorial, Madrid.
- López Piñero JM (2000) Cajal. Ed. Debate, Madrid.
- Ramón y Cajal S (1936) El mundo visto a los ochenta años. Ed. Austral, Madrid.

Capítulo 21

Cajal, un ciudadano ejemplar

Jaime Rodríguez-Arana

Santiago Ramón y Cajal, premio Nobel de Medicina en 1906 junto al catedrático y rector de Pavía Camillo Golgi, es uno de los españoles más importantes de nuestra reciente historia. No sólo por sus investigaciones científicas que le valieron tal alto galardón. También, y es lo que pretendo reflejar en este breve artículo, por su comprometido sentido humanista y su cultivo de virtudes cívicas hoy tan olvidadas como relevantes.

En efecto, más allá de su azarosa juventud y de las dificultades que encontró para abrirse camino en la vida profesional hasta que se decidió a desarrollar su vocación investigadora, Ramón y Cajal, a juzgar por lo que escribe en el Capítulo II de los Recuerdos de mi Vida con ocasión de su ingreso en el Ateneo Valenciano, era una persona con una mirada integral y abierta de las distintas ciencias y actividades humanas, no sólo de la neurociencia. La literatura, la filosofía, la historia o la ciencia política, no le eran ajenas y sus reflexiones reflejan profundos conocimientos en estas materias que le evitaron caer en esa superespecialización tan frecuente, como empobrecedora, de este tiempo que nos ha tocado vivir.

En efecto, «en aquel modesto local de la plaza de Mirasol, tuve ocasión de conocer y aplaudir, entre otras personas de renombre, al joven entonces, y ya clarísimo orador y maestro, Amalio Gimeno; a Segura, consumado dialéctico y culto expositor de las cuestiones sociales; a Luis Morote, que acababa de leer a Flaubert, los Goncourt y Zola, y criticaba, amena y espiritualmente, las tendencias del naturalismo literario; a mi paisano M. Zabala, recién llegado de Zaragoza, que sobresalía por la sobriedad y la intención de su oratoria, y por su particular competencia en las ciencias históricas; a M. Mas, cirujano humanista, que esgrimía con igual desembarazo la lengua

y el bisturí, y que era en aquella casa intérprete elocuente y autorizado del libre examen y de los credos políticos ultrarradicales; al afamado profesor Pérez Pujol, peritísimo en la historia de la Edad Media y en las ciencias sociales, y cuyo verbo fluía, puro y armonioso, como raudal sonoro de artística fontana. Allí, en aquella incubadora de artistas de la palabra o de la pluma, y con motivo de no sé qué inauguración solemne, admiré también por vez primera la elocuencia soberana de Moret, quien disertó acerca del progreso social, y cuya palabra, colorista y jugosa, pintaba cuadros tan plásticos y reales, que al evocar entonces, por contraposición con la moderna civilización, basada en la libertad, la civilización antigua, fundada en la esclavitud, nos parecía contemplar al suavísimo Platón filosofando con sus discípulos en el jardín de Academo, entre calles de mirtos y adelfas, y a la sombra de plátanos seculares; mientras los esclavos labraban penosamente la tierra o gemían fatigados en el obrador del artífice para que, cual flor del espíritu, resplandecieran gloriosos la ciencia y el arte griegos... En aquella casa, en fin, admiré, tiempos después, al asombroso y malogrado aragonés don Joaquín Arnau, talento tan vasto y completo, que ganó simultáneamente por oposición tres cátedras de asignaturas diferentes, y a quien la Universidad de Valencia, fertilísima en oradores, escogió para dar, en nombre del Claustro, la bienvenida al gran Castelar, con ocasión de una visita del célebre tribuno a la Atenas levantina. Este oreo literario y político hízome mucho bien, evitando a mi cerebro esas temibles atrofias compensadoras del especialismo profesional, en virtud de las cuales vemos con pena todos los días a matemáticos, físicos, químicos y naturalistas insignes, discurrir sin cordura y a la buena de Dios en cuanto se les saca de sus habituales estudios, obligándoles a platicar de filosofía, de arte o de ciencias sociales».

Por otra parte, Santiago Ramón y Cajal, ejemplo de disciplina y rigor en el trabajo y en el método científico, también es modelo de rectitud moral y compromiso ciudadanos. Vayan tres peripecias protagonizadas por el Premio Nóbel.

Primera, nada más nombrado Director del Laboratorio de Investigaciones Biológicas, que fue creado en 1901, el Gobierno le asignó un sueldo de diez mil pesetas anuales. Ramón y Cajal pidió que se lo rebajaran a seis mil. Algo insólito en el tiempo actual, sobre todo si se tiene en cuenta que Don Santiago mantuvo ese salario hasta su fallecimiento en 1934 a pesar de las turbulencias políticas y económicas de aquellos azarosos tiempos.En el Mundo visto a los ochenta años

escribió: «no ansío nadar en la opulencia, en una edad en la que desfallecen o declinan mis fuerzas, paréceme abusivo y hasta inmoral aumentar mis emolumentos, porque aún sin querer columbro siempre, al través de cada moneda recibida, la faz curtida y sudorosa del campesino, quien, en definitiva, sufraga nuestros lujos académicos y científicos».

Segundo, rechazó el cargo de ministro de Salud e Instrucción Pública en 1906 y aceptó el nombramiento de senador vitalicio que le propuso José Canalejas entre 1910 y 1923, porque era gratuito. Además, fue senador elegido en la representación de la Universidad entre 1908 y 1910. Su actividad senatorial se centró en la necesidad de reclamar fondos para la política científica y en promover que los jóvenes investigadores frecuenten los mejores centros de estudios europeos tal y como José María Mur glosó en su libro sobre esta faceta no tan conocida de Ramón y Cajal.

Tercero, siendo presidente de la Junta de Ampliación de Estudios, envió al extranjero a su hijo Jorge, investigador como él, pagando los gastos de su bolsillo. Preguntado sobre por qué no le había beneficiado con una beca, como era habitual, y más siendo su hijo, Ramón y Cajal respondió lacónicamente: por eso mismo, por ser mi hijo.

Por vía testamentaria, a pesar de tener siete herederos directos, legó una parte sustancial de su patrimonio para becas, libros y ayudas económicas destinadas a los estudiantes de mejores calificaciones promoviendo el mérito y la capacidad, unas cualidades que hoy debieran volver a promoverse entre la juventud.

Alfonso XIII intentó, sin éxito, en varias oportunidades, que Ramón y Cajal recibiera en vida un título nobiliario que reconociera su valía de cara al futuro. Como atestigua su bisnieta María, no lo aceptó por estar dedicado a sus investigaciones científicas. Tiempo después, en 1952, coincidiendo con el centenario de su nacimiento, a título póstumo Franco le concedió el marquesado. Una distinción que obviamente está por encima de las cuestiones políticas e ideológicas y que así debe considerarse.

En fin, sirvan estas breves líneas para subrayar la dimensión política, con mayúsculas, de un eminente científico que no se contentó con olvidarse de la realidad escondiéndose en el microscopio, sino que, desde el microscopio, y con el microscopio, nos dejó un legado de rigor, método y compromiso con la mejora de las condiciones de vida de las personas de su tiempo. Ojalá cunda su ejemplo, también en la tarea pública, hoy que tanta necesidad hay de personas que

hagan de la actividad política una tarea de servicio real y continuo a la sociedad en la que viven.

Capítulo 22

Cajal y la psicología científica: mucho más que el descubrimiento de la neurona

Alfonso Salgado Ruiz

Catedrático de Psicología Biológica.
Facultad de Psicología. UPSA

Si por algo es unánimemente reconocido Cajal como uno de los investigadores más relevantes de la historia de la ciencia es por el descubrimiento de la neurona. Sólo esto hubiera bastado. Descubrir que las neuronas no estaban físicamente unidas como el resto de las células del organismo, formando una red como defendía el gran histólogo Camillo Golgi, sino que eran unidades independientes, físicamente separadas entre sí y unidas por el intercambio de información entre ellas, en lo que se denominó pronto como 'teoría neuronal' fue de una trascendencia que ha ido más allá de lo seguramente imaginable por el propio Cajal, y que supera los amplios límites de la citología, la histología e incluso la propia neurociencia.

Con justicia se considera a Santiago Ramón y Cajal como el padre de la moderna neurociencia, por sus descubrimientos y por las reflexiones que sobre ellos dejó escritos. La literatura de Cajal es tan bella como sugerente. No sólo detalla lo que ve -y lo que implica lo que ve- sino que sugiere interpretaciones que se convirtieron pronto en hipótesis de trabajo para otros investigadores, que terminaron certificando el acierto y el alcance de las intuiciones del joven histólogo español. Y así, el padre de la neurociencia moderna se convertía, seguramente sin siquiera sospecharlo, en el fundamento de la neurociencia cognitiva, y uno de los pilares de la neuropsicología y la psicología básica y aplicada.

En una mirada inmediata, el descubrimiento de la neurona como unidad *funcional* básica del sistema nervioso (pongo intencionada-

mente en cursiva la palabra sobre la que gira la base de mi planteamiento) supone una nueva y actualizada aproximación a uno de los indudables fundamentos biológicos de la conducta, que es el objeto de estudio de la Psicología.

En un corto recorrido, las aportaciones de Cajal suponen la puerta de acceso a una de las bases de la neurociencia cognitiva -la plasticidad cerebral-, y abrirá el ingente y eficaz trabajo de Donald Hebb (1904-1985) y su formulación de las redes neurales y su funcionamiento en los procesos de aprendizaje y memoria, por lo que se le reconocerá como el pionero de la psicobiología, al proporcionar datos y modelos explicativos acerca del papel del comportamiento como agente de cambio de la función y estructura cerebral. La idea de la plasticidad cerebral la anticipa Cajal en 1894 en su obra *La fine structure des centres nerveux*, escrita para The Croonian Lecture, y aún la detalla mejor ese mismo año en su artículo «Consideraciones generales sobre la morfología de la célula nerviosa», publicado en La Veterinaria Española. Escribe así:

> «*Puede admitirse como cosa muy verosímil que el ejercicio mental suscita en las regiones cerebrales más solicitadas un mayor desarrollo del aparato protoplásmico* (i.e. dendrítico) *y del sistema de colaterales nerviosas. De esta suerte las asociaciones ya establecidas entre ciertos grupos de células se vigorizarían notablemente por medio de la multiplicación de las ramitas terminales de los apéndices protoplásmicos y de las colaterales nerviosas; pero, además, gracias a la neoformación de colaterales y de expansiones protoplásmicas, podrán establecerse conexiones intercelulares completamente nuevas*»

Es fácil establecer la conexión con el principio de Hebb (1949): «*Cuando el axón de una célula A está lo suficientemente cerca de una célula B como para excitarla y participa repetida o persistentemente en su disparo, ocurre algún proceso de crecimiento o cambio metabólico, en una o ambas células, de tal modo que la eficacia de A para disparar a B aumenta*». Y es que este mismo principio se intuye en palabras de Cajal, quien, como hemos leído, pensaba que el ejercicio mental favorece cambios de naturaleza plástica en la fuerza de las conexiones sinápticas entre las neuronas. Así, afirma en el mismo artículo citado arriba:

> «*El dinamismo cerebral depende verosímilmente de dos factores: primero, de la herencia, en cuya virtud recibimos un cier-*

> *to número de células cerebrales con determinada propensión a asociarse y constituir lo que podríamos llamar la personalidad natural; segundo de la influencia del medio (padres, maestros, libros, consejos, ambiente físico, etc.) por cuya virtud reforzamos en ciertos puntos y contrariamos en otros las asociaciones naturales hereditarias, y establecemos, a menudo, conexiones enteramente nuevas; de este modo se produce la personalidad de adaptación, que puede mejorar notablemente la organización encefálica, si las sugestiones del ambiente están fundadas en la ciencia positiva, pero que la desvían y deforman cuando son debidas a la ignorancia, la rutina, el fanatismo, o el odio de razas, clases y personas»*

En palabras de Carlos Blanco (2014), el propio Cajal había descubierto que las neuronas sólo forman inicialmente un número determinado de conexiones con las células nerviosas de su entorno, por lo que su conectividad es altamente específica. Este hecho, determinado genéticamente, permanece invariable a lo largo de la vida. Sin embargo, la experiencia permite que dichas conexiones se afiancen o atenúen. De esta manera, de la imbricación de lo genético -conexiones sinápticas fijas- y lo ambiental y aprendido -modificación en la intensidad de las sinapsis- se sigue la base biológica de la individualidad de cada miembro de una especie. La respuesta a la permanente pregunta por la relación mente-cuerpo parecía comenzar a resolverse

A la intuición de Cajal y las propuestas derivadas de Hebb le seguirán las imprescindibles aportaciones de Kandel, los trabajos de Squire, de Merzenich,... junto con las derivaciones aplicadas a la neuropsicología clínica desde Luria. Y así hasta hoy.

En una mirada un poco más amplia, los trabajos de Cajal son próximos, aunque posteriores, a la principal obra de Darwin, *El origen de las especies por medio de la selección natural* (1859) y de William James, que publicó sus *Principios de Psicología* en 1890. La nota común a estos autores, aparentemente tan lejanos en materia de investigación y objetivos, pero inseparablemente relacionados desde una óptica epistemológica es su opción por la *función* como elemento descriptivo y explicativo. Darwin entiende, en definitiva, que de entre las mil posibles mutaciones aleatorias, permanecerán y se legarán aquellas que han resultado más adaptativas a los requerimientos del entorno. James considera que es la función que se pretende satisfacer la que

da sentido de interpretación al proceso psicológico que quiera estudiarse. No en vano, William James es considerado promotor del funcionalismo en Psicología, que traerá pronto al mundo las corrientes más prácticas y de mayor rigor científico de la mano de Thorndike, Watson y Skinner, quienes insisten en el papel del aprendizaje como estrategia de adaptación. En buena medida, esa visión funcional del comportamiento (que pronto originará la necesidad de describir la conducta observada no sólo por su forma sino, sobre todo, por su función, y que permitirá por fin comprender el comportamiento anormal porque es desadaptativo, esto es, disfuncional) es la que se deriva de comprender que éste es la relación inseparable entre estímulo, organismo, respuesta y consecuencia, el universalmente compartido E-O-R.

Por eso, y esta es la idea que deseo remarcar, entender que la neurona es una unidad funcional, que recibe información (dendrita), la procesa (soma) y la transmite (axón), y que esta triple e inseparable función es la que le da sentido y fundamenta todo el funcionamiento del sistema nervioso (que reproduciría esta misma secuencia en los procesos de aferencia, procesamiento y eferencia), asumir que es esta funcionalidad la que se encuentra en la base de su estructura y fisiología y que así se reproduce en las distintas áreas y circuitos, es la que se encuentra, a la postre, en la base de la concepción del comportamiento desde la psicología científica: recibimos información para conocer el mundo, interpretarlo adecuadamente y elaborar una respuesta que nos permita la mejor adaptación al mismo o aprender a modificarlo para que se adapte a nuestra necesidades e intereses.

Muy seguramente sin pretenderlo ni siquiera imaginarlo, descubrir la neurona y definirla como unidad funcional en continua relación con otras con conexiones modificables por la experiencia hace que Cajal fundamente con acierto el esquema primero en que se basa toda la Psicología básica y sus aplicaciones profesionales.

Capítulo 23

La influencia de Ramón y Cajal en la Inteligencia Artificial moderna

Manuel Martín Merino Acera

Ramón y Cajal es conocido, sobre todo, por sus contribuciones a la neurociencia y la comprensión del cerebro como una red de neuronas interconectadas que intercambian información a través de impulsos eléctricos. Sin embargo, menos conocida es la conexión entre los descubrimientos de Ramón y Cajal que sentaron las bases de la neurociencia y el comienzo y desarrollo de la Inteligencia Artificial.

Fueron los investigadores Estadounidenses (McCulloch & Pitts; 1943) los que basados en el conocimiento del funcionamiento biológico de las neuronas y la interconexión entre ellas propusieron el primer modelo de neurona artificial. Utilizando la idea de que una neurona biológica recibe impulsos eléctricos procedentes de otras neuronas a través de conexiones llamadas sinapsis y que dichos impulsos se modulan según unos pesos que pueden modificarse durante el aprendizaje, se formuló el primer modelo matemático que constituyó la base de las redes neuronales artificiales modernas. Obviamente, dicha neurona era muy sencilla: la salida era binaria y no pretendía modelar el funcionamiento de una neurona biológica, que resulta, incluso hoy, un problema muy complejo de abordar. Esta primera neurona supuso además un hito a la hora de abordar problemas bajo un paradigma conocido como «Machine Learning». Así, de la misma manera que el cerebro aprende a identificar, por ej., imágenes de caracteres manuscritos a través de un aprendizaje con un subconjunto de ejemplos, los algoritmos matemáticos de la neurona artificial eran capaces de modificar los pesos como respuesta a un conjunto de ejemplos de entrada. Más aún, la neurona era capaz de generalizar el aprendizaje para resolver problemas parecidos a los

que se habían utilizado durante la fase de entrenamiento.

El desarrollo de las redes neuronales sufrió pronto un parón cuando se mostró que la neurona de McCulloch & Pitts no era capaz de resolver problemas que resultan triviales para un humano, incluso para modelos matemáticos clásicos. Nuevamente, las observaciones derivadas del funcionamiento de las neuronas biológicas aportaron ideas para superar este problema. Muchos sistemas cerebrales, como el de visión, utilizan redes dispuestas en varias capas de neuronas. La función de las capas intermedias es extraer características generales de los datos para facilitar la posterior predicción en la última capa. De esta manera, aparecieron las primeras redes multicapa como el perceptrón o la red RBF que eran capaces de resolver problemas más complejos que los modelos matemáticos clásicos aprendiendo a través de ejemplos. En la misma línea, la observación de cómo el cerebro humano aprende a controlar sistemas complejos propició la aparición de diferentes arquitecturas de redes neuronales. Así, se observó que el ser humano es capaz de controlar sistemas complejos en la industria o de conducir un coche aprendiendo, a través de ejemplos, reglas denominadas «difusas». Controlamos la velocidad de un vehículo utilizando reglas tan sencillas como: «Si la Distancia con el siguiente vehículo es Pequeña y la Velocidad de mi vehículo es Grande, entonces la Fuerza sobre el freno debe ser Elevada». Estas reglas que modelan la incertidumbre mediante las variables difusas Distancia, Velocidad y Fuerza, son muy eficientes a la hora de controlar sistemas complejos de modelar matemáticamente. Este tipo de observaciones dio lugar a lo que se denominó sistemas neurodifusos, es decir, redes neuronales capaces de aprender automáticamente, a través de ejemplos, reglas que modelan la incertidumbre de manera similar a como lo hace el cerebro humano, utilizando el formalismo matemático de los sistemas difusos. Existen muchos modelos neurodifusos pero, merece la pena destacar la línea de investigación sobre los modelos Fuzzy ARTMAP iniciada por (Carpenter & Grossberg; 1992) que toman numerosas ideas del funcionamiento de las redes neuronales cerebrales para su implementación matemática. Como aspecto curioso, estas redes utilizan la denominada «Teoría de la resonancia adaptativa», cuyas siglas en inglés son «ART», que resuelve el dilema de diseñar algoritmos de aprendizaje dotados de plasticidad sin perder la estabilidad. Esta teoría ha sido inspirada en el funcionamiento de las neuronas biológicas y permite aprender patrones novedosos sin olvidar lo memorizado anteriormente. Algunas

redes neuronales, como el perceptrón multicapa, no poseen dicha propiedad. Además, muchos autores han comentado en la literatura que este tipo de red funciona como una caja negra, no pudiendo ser interpretadas sus decisiones por expertos humanos. Esta deficiencia fué resuelta por los modelos Fuzzy ARTMAP, de los cuales se han propuesto multitud de arquitecturas para resolver problemas de clasificación o predicción. Finalmente, la observación del cerebro humano ha mostrado que existen fundamentalmente dos tipos de aprendizaje: el supervisado que requiere de un experto humano que proporcione la salida óptima de la red neuronal para un subconjunto de ejemplos de entrenamiento y el no supervisado en que las neuronas extraen patrones o correlaciones entre los objetos sin necesidad de supervisión externa. Basado en esa observación, surgieron los mapas autoorganizativos (SOM) propuestos por (Kohonen; 1995) que, sin necesidad de supervisión externa, son capaces de visualizar relaciones y grupos para los datos de entrada. Así, en un problema de análisis de documentos textuales, pueden construir mapas que nos ayuden a visualizar las relaciones semánticas entre documentos e incluso los grupos temáticos existentes.

Como hemos visto, a medida que avanzaba la neurociencia y los recursos computacionales se propusieron una gran variedad de arquitecturas neuronales. Sin embargo, problemas como los de visión artificial, que el cerebro humano es capaz de resolver de manera sencilla y eficiente, continuaban siendo un desafío para dichas redes. La observación del sistema neuronal asociado a la vista mostró la solución.

Dichas redes neuronales se organizan en múltiples capas, las primeras extraen características de los objetos como el color, la textura etc. y las sucesivas capas van extrayendo progresivamente características cada vez más generales que permiten posteriormente categorizar y extraer relaciones entre los objetos. Así se han propuesto numerosas arquitecturas denominadas «Deep Learning» para visión y otros campos, como la red convolucional, la LSTM etc. que han permitido mejorar los índices de error significativamente llegando incluso a la precisión del ser humano. Dichos modelos han sido desarrollados frecuentemente por investigadores como (LeCun, Bengio & Hinton; 2015) que han reconocido inspirarse en la ciencia de Ramón y Cajal.

Los modelos anteriores son capaces de resolver problemas complejos, siempre que el conjunto de entrenamiento sea suficientemen-

te amplio, pero la generación de conocimiento novedoso continúa siendo un desafío. Es por ello que ha surgido una nueva línea de investigación denominada Inteligencia Artificial generativa (Jovanović & Campbell; 2022), en la que está basada por ej. ChatGPT, de la que se espera un salto cualitativo en la Inteligencia Artificial.

Manuel Martín Merino Acera
Catedrático de Inteligencia Artificial en la Facultad de Informática de la UPSA

Referencias:

- G. A. Carpenter, S. Grossberg, N. Markuzon, J. H. Reynolds & D. B. Rosen, «Fuzzy ARTMAP: A neural network architecture for incremental supervised learning of analog multidimensional maps», IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 3, no. 5, pp. 698-713, Sept. 1992.
- M. Jovanović & M. Campbell, «Generative Artificial Intelligence: Trends and Prospects,» in Computer, vol. 55, no. 10, pp. 107-112, Oct. 2022.
- Teuvo Kohonen, Self-Organizing Maps. Springer Series in Information Sciences, Springer, 30, 1995.
- Y. LeCun, Y. Bengio & G. Hinton, Deep learning. Nature 521, 436–444, 2015.
- W. S. McCulloch & W. Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biology, 5(4):115–133, 1943.

Capítulo 24

Cajal como «influencer»

Antonio Campos Muñoz

Uno de los cambios más relevantes de nuestro tiempo ha sido la irrupción de las redes sociales y el notorio protagonismo en ellas de los denominados «influencers», un término que hace referencia a la capacidad que tienen algunas personas para influir significativamente sobre otras.

Estudiosos del citado fenómeno han afirmado que un «influencer» o un influyente, término que recomienda la Real Academia Española, es una persona que por su credibilidad, conocimiento o estilo de vida, genera numerosos adeptos interesados en seguir sus recomendaciones. A veces son viajeros, deportistas o expertos, reales o presuntos, en saberes diversos y otras, tan solo, individuos conocidos por la exhibición pública y continua de sus avatares vitales.

Hace unos días, en una conversación con amigos, mantuve que este fenómeno no es, desde luego, nuevo. Lo único realmente nuevo es el medio que vehicula la influencia y la discutible relevancia de algunas de las personas que aspiran a ejercerla. En tal sentido, y a modo de ejemplo, afirmé que desde mi juventud, Cajal, -Don Santiago Ramón y Cajal-, fue para mí, un auténtico y verdadero «influencer». Pero ¿lo fue realmente en el sentido arriba indicado? ¿lo es, lo puede seguir siendo, en nuestros días? Veámoslo.

Desde que a finales del XIX Cajal comenzó su proyección pública, su vida, su obra y su pensamiento han ejercido una influencia extraordinaria en varias generaciones de españoles que, adeptos a sus aportaciones científicas y a sus reflexiones vitales, han tratado de imitarlo y de seguirlo en ambos campos.

La evidencia de su influencia científica es tan relevante que Cajal sigue siendo en la actualidad el autor clásico más citado por los investigadores del sistema nervioso. Un área a la que contribuyó con

tres aportaciones fundamentales: la individualización de la neurona como célula, la descripción de los principales circuitos neuronales del sistema nervioso y las posibilidades regenerativas de algunas de sus estructuras. Ser continuamente citado da idea, por tanto, de la vigencia y la influencia de su obra. Tampoco podemos olvidar en este ámbito que sus preparaciones histológicas e ilustraciones, a modo de homenaje a su figura, viajaron al especio en la Misión Neurolab de la NASA dedicada a realizar experimentos relacionados con el sistema nervioso. Pero su obra ha trascendido, también, a nivel popular, como suele ocurrir casi siempre con los grandes científicos. Y por eso no puede tampoco sorprendernos que, por ejemplo, hasta en la serie televisiva americana «The Big Bang Theory» uno de los personajes muestre un dibujo enmarcado de Cajal en uno de sus episodios haciendo referencia a su relevancia científica.

Pero Cajal nos contó también, en varios libros, los sucesivos avatares de su vida y su pensamiento. Y somos muchos los seres humanos, de distintas generaciones y países quienes, a través de estos, hemos recibido su influencia y con ella un estímulo motivacional de primer orden. Tres son, a mi juicio, sus ámbitos de influencia más importantes. Cajal es, en primer lugar, un apóstol de la verdad y, por ello, firme partidario de atenerse a lo que llama «la religión de los hechos», algo que es fundamental para un científico, pero que lo es también para la vida y la convivencia diaria. Cajal es, en segundo lugar, un hombre con amor propio, esto es con sentido de estima por lo que es, significa y representa y, por tanto, con el orgullo, el sentido del deber y la crítica que ello implica; un amor propio, que vincula por un lado al patriotismo como servicio a la comunidad y, por otro, a la voluntad y a la pasión como instrumentos fundamentales para implementar ese servicio. Y Cajal es, por último, un hombre exigente consigo mismo y con la sociedad a la que sirve. En su autoexigencia, se impone ver siempre en cada moneda pública recibida la faz del campesino, del contribuyente que, como él afirma, sufraga sus actividades académicas y científicas. En su exigencia social, critica con dureza la mala gestión de aquellas autoridades que al saquear el Estado creen no robar a nadie cuando en realidad y, a su juicio, nos roban a todos.

Sí, Cajal ha sido y es un «influencer», un influyente, un hombre que, con su credibilidad, sus saberes y su estilo de vida, ha influido y lo sigue haciendo constructivamente en todas aquellas personas que se acercan a su obra y a su pensamiento buscando un modelo

de científico a seguir y un modelo de comportamiento cívico a imitar. Ojalá a través de las redes sociales, o sin ellas, los jóvenes de nuestra hora se incorporen al listado de sus antiguos y actuales seguidores y respondan con un «me gusta» a sus propuestas de amor a la verdad, de amor propio al servicio de la sociedad y de exigencia personal y social. Si así ocurre, el horizonte de una sociedad mejor para España emergerá mucho más limpio y despejado.

Antonio Campos Muñoz

Académico de número de la Real Academia Nacional de Medicina que, en la actualidad, ocupa el sillón 38 de Histología que tuvo en su día D. Santiago Ramón y Cajal.

Capítulo 25

Progresar con Cajal: curiosidad, consciencia y comunidad

Juanjo Rubio

Además de reconocer sus impresionantes logros científicos, merece la pena tener muy presente a Cajal para progresar. Gracias a su ejemplo, legado y escuela, podemos seguir construyendo un mundo mejor.

El ejemplo de Cajal es una semilla cargada de futuro. Su extraordinaria vida polímata, nómada, artística, científica, artesana, lúdica, emprendedora, trabajadora, docente y comprometida, es inspiradora para la juventud, inundando con ideas la imaginación creativa e impulsando con ilusión la implicación social. Cajal es un potente faro para promover el desarrollo del talento joven.

El legado artístico, tecnológico y científico de Cajal está muy presente en la frontera de nuestros retos y aspiraciones. Su curiosidad nos permitió empezar a comprender el cerebro, generando el conocimiento que ha hecho posible el despegue de la neurociencia, las neurotecnologías, la inteligencia artificial y la biología sintética; éstos logros contribuirán al bien común de la humanidad si somos suficientemente sabios.

En su año cumbre, Cajal descubrió que las neuronas son células independientes que se comunican creando sistemas de circuitos que permiten la transmisión, transformación y almacenamiento de la información. Al confirmar que en el sistema nervioso se cumple la universal teoría celular, inició además la senda para el descubrimiento científico, cien años después, de que la comunicación intercelular es también universal, ofreciendo oportunidades diagnósticas como la biopsia líquida. El estudio de sistemas neuronales completos en todas las etapas de su desarrollo, permitió a Cajal y sus discípulos,

descubrir la importancia de lugares concretos como las espinas dendriticas para el aprendizaje, almacenando información espaciotemporal gracias a la plasticidad neuronal, identificar diferentes tipos de células del sistema nervioso por su forma y función, y desvelar la relevancia de las neuronas como sensores especializados en detectar energía electromagnética, químicas o mecánica.

Los padres de la cibernética y la computación, tuvieron el privilegio de aprender con discípulos de Cajal como Rafael Lorente de Nó. No es casual que la arquitectura de Von Neumann, presente en todos nuestros ordenadores, sea análoga a la del modelo abstracto de una neurona. Los sistemas digitales de inteligencia artificial, con capacidad de aprender y reproducir nuestro comportamiento, están basados en redes de neuronas artificiales que imitan las descubiertas y descritas por Cajal y su escuela.

La capacidad de los sistemas con inteligencia artificial está evolucionando extraordinariamente. Es previsible que pronto existan sistemas artificiales con capacidad de aprender y comprender mejor que el ser humano; en algún momento serán conscientes y plantearán nuevas oportunidades y retos para la convivencia.

Comprender el cerebro es clave para entender nuestra realidad biológica y ayudar a personas que viven con discapacidad neurologica por accidente, enfermedad o senescencia. Las neurotecnologías avanzan, desarrollando capacidades para ver, comprender y modificar circuitos neuronales, haciendo factible recuperar la movilidad, la visión o la capacidad de comunicación, así como la posibilidad de integrar capacidades extraordinarias en los seres humanos. En paralelo, éstas mismas tecnologías se están ofreciendo para aplicaciones lúdicas o de consumo como los juegos, la relajación y la comunicación telepática. En tiempos de capitalismo de vigilancia y economía de la atención, es urgente anticiparse previniendo y minimizando los riesgos éticos, abrazando iniciativas como los neuroderechos propuestos por el profesor Rafael Yuste.

Cajal pudo crear el **Laboratorio de Investigaciones Biológicas** gracias a su reconocimiento internacional al recibir en 1900 el Premio Moscú, máximo galardón científico del mundo, otorgado en el Congreso Internacional de Medicina de París. La biologia, con su capacidad de fabricar materiales con precisión atómica y escala continental, es la tecnología más poderosa que conocemos. En las últimas décadas, hemos aprendido a leer y comprender la información almacenada en moléculas clave para la vida como el ADN y el ARN; el

descubrimiento del lenguaje de la vida gracias a la fotografía cristalográfica de Rosalind Franklin y el impulso internacional cooperativo que supuso el **Human Genome Project**, han dado paso a las tecnologías que permiten la secuenciacion del genoma con costes aceleradamente decrecientes que hacen posible la agricultura y la medicina de precisión con tecnologías ómicas.

La transformación digital de la biología está haciendo posible la automatización, miniaturizacion y multiplicación de tareas tradicionalmente realizadas por personas muy formadas y entrenadas, generando un universo de datos que garantizan la repetitibilidad, trazabilidad y escalabilidad experimental, alimentando sistemas digitales que pueden aprender y colaborar con la comunidad científica. Podemos construir gemelos digitales de moléculas, células, tejidos, órganos, sistemas, personas y poblaciones, para comprender, predecir, prevenir, diagnosticar y curar. La tecnología nos permite hoy estudiar y simular el conjunto de conexiones nerviosas que componen el conectoma, generar imágenes científicas impresionantemente bellas como los brainbow o catalogar el universo de neuronas atendiendo a su singularidad genómica y proteómica. La inteligencia artificial ya es capaz de predecir la forma de moléculas clave para la vida como las proteínas y colaborar en su diseño para optimizar su funcionamiento; pronto dominará el lenguaje de la biología acelerando la biorevolución con un impacto disruptivo en sectores estratégicos como salud, seguridad, energía, industria y medioambiente.

La biología sintética permite imaginar, diseñar y hacer crecer sistemas biológicos combinando componentes normalizados. Impulsada por la convergencia de la biotecnología, la industria 4.0 y la inteligencia artificial, ofrece posibilidades extraordinarias como la bioremediación de nuestros ecosistemas, la producción sostenible de materiales con propiedades convencionales o avanzadas, la agricultura regenerativa sostenible en ambientes benévolos o extremos, el almacenamiento ilimitado de datos, la fabricación in vitro de moléculas, tejidos y órganos o su reprogramación y regeneración in vivo. Merece la pena participar en comunidades abiertas internacionales como **iGEM**, ***DNA Data Storage Alliance***, ***Build a Cell***, ***Global Biofoundries Alliance*** o ***Genome Project Write*** que sin duda atraerían hoy a Cajal.

Con la biologia sintética disponemos de nuevas herramientas para comprender el cerebro, como la imagen molecular o la optogenética para controlar circuitos de genes con luz; podemos reprogramar

células convirtiéndolas en células madre, pluripotenciales o especializadas como las neuronas; somos capaces de construir sistemas vivos in vitro o con quimeras que permiten acelerar la comprensión, el diagnóstico y el tratamiento personalizado de enfermedades complejas como el cáncer o el Alzheimer. Sabemos fabricar biosensores con neuronas y otras células o sus componentes que pueden vivir en contextos naturales o artificiales. Estamos aprendiendo a diseñar y hacer crecer conjuntos de células llamadas organoides, que pueden combinarse creando sistemas que se llama ensambloides. Pronto veremos máquinas con redes de neuronas vivas utilizadas para comprender y gobernar su entorno; la inteligencia con organoides neuronales es ya una realidad.

En 1922 D. Santiago se jubiló recibiendo el más alto galardón científico de nuestro país: la **Medalla Echegaray**. Coincidiendo con su centenario, empezamos a celebrar el 'Acontecimiento de Excepcional Interés Público **Año de Investigación Ramón y Cajal**' que durará al menos hasta 2025. Compartimos con esperanza el objetivo de que la ciudadanía pueda disfrutar, aprender y practicar el método científico en un **Museo Nacional** que integre tecnologías y metodologías de vanguardia con el ingente tesoro de dibujos científicos, preparaciones histológicas, artículos, libros e instrumentos que Cajal legó a toda la sociedad. Trabajamos también para construir una **Red de Espacios Cajal** conectados con la historia, la ciudadanía y los centros de investigación; se está tejiendo además la **Red Europea de Villas de Nobel** acentuando el reto de imaginar y hacer posible una educación a la altura de las niñas y niños que siguen naciendo en cada rincón de nuestro territorio con talento y capacidad para transformar el mundo.

La cooperación es fundamental para la supervivencia, la evolución y la prosperidad en todas las escalas de nuestra realidad, generando propiedades emergentes como la inteligencia, la voluntad y la consciencia. Cajal lo intuyó, descubrió y demostró en las células individuales e interconectadas del sistema nervioso; también lo imaginó, desarrolló y practicó a escala humana con su escuela histológica y la junta de ampliación de estudios que siguen representando ejemplos utópicos de comunidades de aprendizaje. Crear como maestro y líder una escuela de educación y servicio, ha sido sin duda la mayor contribución de su genio revolucionario. Cajal sigue viviendo en la comunidad de discípulos que cultivó y que sigue brotando por el mundo.

Progresar es ser mejores personas, y podemos conseguirlo con Cajal. ¿Qué rumbos excitarían su curiosidad intelectual hoy? ¿En qué conversaciones se involucraría acentuando los valores de su consciencia social como la honestidad, el compromiso y la generosidad? ¿Qué transformaciones impulsaría en nuestro ecosistema educativo para ofrecer el mejor futuro a la juventud, reforzando su compromiso con la comunidad? Curiosidad, consciencia y comunidad son pilares fundamentales para que la ciencia avance al servicio del bien común.

La humanidad ha desarrollado tecnologías exponenciales con capacidad de generar escenarios de abundancia, justicia y prosperidad, que pueden ser también usadas para el control, la destrucción y el abuso. Vivir en el futuro que queremos depende de nuestra sabiduría colectiva y nuestra capacidad de elegir referentes como Cajal para progresar.

Juanjo Rubio
Ingeniero Industrial y Biomédico
Miembro del Grupo de Trabajo Nacional Cajal

Capítulo 26

Consejos de un sabio a los jóvenes investigadores

Adolfo García-Sastre

Es muy difícil escribir una reseña sobre Santiago Ramón y Cajal, debido a que es imposible resumir en unas pocas palabras sus contribuciones tanto científicas como políticas, humanistas y educativas. Sus estudios científicos fueron reconocidos con el premio Nobel en Fisiología o Medicina de 1906, compartido con Camillo Golgi, por su trabajo sobre la estructura del sistema nervioso. Cajal demostró por primera vez que el sistema nervioso no es una red continua, sino un conjunto de células individuales, las neuronas, que establecen conexiones entre ellas. Su descubrimiento de las neuronas como la unidad en la que se basa el sistema nervioso, algo que hoy se acepta como un hecho sabido, revolucionó en su momento el entendimiento del funcionamiento del cerebro y sentó las bases de lo que hoy llamamos neurociencia.

Pero Cajal no solo fue un gran científico, sino también un gran impulsor de la ciencia en España. Fue uno de los pocos escritores que resaltaron que incluso durante el Siglo de Oro español, durante el cual España llegó a ser pionera en el mundo de la cultura, con figuras como Cervantes, Velázquez y otros muchos, nunca estuvo entre las primeras naciones que impulsaron el conocimiento científico. Ese hecho era considerado por Cajal como una gran deficiencia, y por ello dedicó gran parte de su vida y sus esfuerzos a intentar corregir esta deficiencia. La Ciencia en España debe a Cajal mucho, y sin su impulso, España estaría mucho más retrasada en su capacidad científica investigadora y de innovación tecnológica.

En 1898 Cajal publicó un libro titulado «Reglas y consejos sobre investigación científica» donde se manifiesta su gran interés por la

formación del personal investigador. Este libro tuvo varias ediciones, pero desapareció de circulación a la mitad del siglo pasado. Por fortuna, se recuperó en el 2002, y hoy se puede conseguir tanto en edición en papel como digital. En él Cajal expone como «Ciencia, industria, agricultura, comercio, todas las manifestaciones del espíritu y del trabajo eran en la época de los Reyes Católicos y de Carlos V sumamente inferiores a las del resto de Europa.» Y se lamenta de que esto haya siguiendo sido así desde entonces. Cajal colaboró con otros científicos españoles para la creación de un programa de intercambio de investigadores con becas para estudiar en el extranjero para la formación internacional de nuestros científicos futuros, con el objetivo de fomentar colaboraciones con el extranjero y modernizar la Ciencia en España.

Quiero destacar en este libro su descripción de las «Cualidades de orden moral que debe poseer el investigador», que es el tema del capítulo tercero, y que comienza con las cualidades indispensables del investigador, que para Cajal son: la independencia mental, la curiosidad intelectual, la perseverancia en el trabajo, la religión de la patria y el amor a la gloria. Hay en este capítulo observaciones tan interesantes y tan actuales como «casi todos los que desconfían de sus propias fuerzas ignoran el maravilloso poder de la atención prolongada», que describe perfectamente la necesidad en investigación de no dejarse llevar por la tentación de pensar que uno no vale lo suficiente, y de dedicarse a seguir trabajando para poder superar momentos en los que parece que nada sale bien. Usando las mismas palabras de Cajal «a fuerza de tiempo y de atención, el intelecto llega a percibir un rayo de luz en las tinieblas del más abstruso problema». Uno de mis mentores científicos siempre me resaltaba que hay que pensar en los experimentos incluso cuando te estás duchando, y que quizá en ese momento de la ducha, con la mente menos distraída por otras causas, tienes una intuición nueva que te conduce a resolver una cuestión científica importante. Y dice también Cajal: «Convendrá que el investigador, no vea ni considere otra cosa que lo relacionado con el objeto de estudio: en la cátedra, en el paseo, en el teatro, en la conversación, hasta en la lectura meramente artística, buscará ocasión de intuiciones, de comparaciones y de hipótesis, que le permitan llevar alguna claridad a la cuestión que le obsesiona». Incluso Cajal da una gran importancia a los pasos en falso y los errores de dirección durante la Investigación diciendo «los primeros groseros errores, así como las falsas rutas por donde la imaginación

se aventura, son necesarios, pues acaban por conducirnos al verdadero camino, y entran, por tanto, en el éxito final, como entran en el acabado cuadro del artista los primeros informes bocetos». Y también resalta la imprtancia de alejarse de los problemas diarios en la investigación para poder tener ideas nuevas desde una perspecitva distinta: «Si, a pesar de todo, la solución no aparece y presentimos, no obstante, que el asunto se acerca a su madurez, procurémonos algún tiempo de reposo. Algunas semanas de solaz y de silencio en el campo traerán la calma y la lucidez a nuestro espíritu. Esta frescura del intelecto, como la escarcha matinal, marchitará la vegetación parásita y viciosa que ahogaba la buena semilla. Y al fin surgirá la flor de la verdad, que, por lo común, abrirá su cáliz, al rayar el alba, tras largo y profundo sueño, durante esas horas plácidas de la mañana que Goethe y tantos otros consideraron propicias a la invención».

Es muy curioso el concepto de Cajal de patriotismo como una de las cualidades del investigador. El lo vive como que el prestigio de un investigador es también un prestigio para su patria, siempre y cuando no se denigre a los demás. El mismo Cajal reconoce que la Ciencia no tiene patria, pero también que el científico si que la tiene. Y que las naciones civilizadas se enorgullecen de sus filósofos, sus matemáticos, sus físicos y naturalistas y sus inventores. Este concepto de patriotismo es muy distinto de los movimientos políticos de extrema derecha, que tienden a pensar en la patria como superior al resto de las nacionalidades.

Recoge Cajal en este libro muchos otros consejos y reflexiones sobre la importancia de la investigación y de la formación investigadora. Es una lectura muy recomendable tanto para aquellos de las nuevas generaciones con interés y vocación investigadora como para investigadores en proceso de formación e investigadores establecidos. Estoy seguro de que Cajal estaría muy orgulloso del reconocimiento que España y el mundo tiene de él como investigador, pero que también pensaría que aún hoy en día hay un largo camino que recorrer para que se logren adoptar las medidas necesarias en España para lograr convertirla en un país puntero en investigación e innovación internacional.

Capítulo 27

Un discípulo salmantino de Cajal: Domingo Sánchez y Sánchez

R. Sánchez y F. Collía

*Dpto. Anat. e Histol. (Fac. Med. Univ. Salamanca).

D. Domingo Sánchez y Sánchez (1860-1947) (1) nació en Fuenteguinaldo, un pueblo de Salamanca, hijo de padres labradores, cursó sus estudios primarios en su pueblo natal, de ahí pasó al Seminario de Ciudad Rodrigo y más tarde a los Institutos de Salamanca y Ávila donde realizó los estudios de bachillerato. Se matriculó en la carrera de Ciencias Naturales en la Universidad de Madrid y más tarde se trasladó a Filipinas como colector zoológico. Allí permaneció durante catorce años hasta la pérdida del Archipiélago en 1899.

A su regreso a España terminó la carrera de Medicina que había comenzado en Filipinas y trabajó como auxiliar honorario del Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Medicina de Madrid, a raíz de ello conoció a Cajal, que le propuso trabajar en su laboratorio.

D. Domingo es, de los discípulos de Cajal, el menos conocido, quizás debido a la singularidad de sus estudios, coincidente con que no atrajera a su alrededor a ningún otro discípulo. También, dada su edad de incorporación al laboratorio, fue el único de los discípulos de Cajal que no tuvo beca para ampliar sus conocimientos en el extranjero (2).

La obra científica de D. Domingo, desde que conoce a Cajal hasta la muerte de este, gira en torno a la demostración en invertebrados de la teoría neuronista de Cajal, estudiando los centros ópticos y la retina de los insectos, el proceso de la metamorfosis y las diferentes estructuras citológicas.

En aquella época Cajal estaba inmerso en la demostración de su teoría neuronal frente a la teoría reticular de Golgi. El maestro había

encomendado a sus discípulos el estudio del sistema nervioso de diferentes especies y a D. Domingo le propone estudiar el sistema nervioso de los invertebrados aplicando el método del nitrato de plata reducido. De hecho, Cajal en su última monografía (3) estimula al lector a estudiar el trabajo de Sánchez *Contribución al conocimiento de los centros nerviosos de los insectos* (4), del cual es coautor. Aplicando el método de Cajal logra excelentes preparaciones que le permiten describir la estructura de la retina de gran variedad de insectos y poner de manifiesto una vez más la teoría neuronal de Cajal. Con estos datos son capaces de refutar la teoría reticular de Golgi, Apathy, Bethe, y otros, demostrando la morfología e independencia anatómica de las neuronas en invertebrados, que era el último reducto que le quedaba por explorar a Cajal y pudiendo corroborar los datos aportados por otros neuronistas.

Apoyado por Cajal, D. Domingo continúa su investigación sobre los centros ópticos de los invertebrados, en particular sobre la mariposa de la col (5), extenso trabajo en el que va describiendo uno a uno todos los elementos constituyentes de la retina y centros ópticos.

Otro de los temas de estudio de D. Domingo en el Laboratorio de Cajal son las estructuras citológicas en invertebrados (6). Con el método de impregnación argéntica de Cajal describe el aparato reticular o perinuclear, descrito por Golgi en las neuronas de los vertebrados, con análogos caracteres a los que Cajal había descubierto en *Lumbricus,* y que en ningún caso tenía comunicación con el exterior de la célula, y que probablemente era común a todas las especies, como sugirió Cajal. Otro aparato que encuentra Sánchez, también relacionado con la nutrición celular como el de Golgi, es el aparato lisosomial que Cajal había descrito en el intestino de la sanguijuela. Se trata también de un sistema endocelular. El otro sistema de túbulos celulares que encuentra y describe, muy distinto tanto morfológica como fisiológicamente a los dos anteriores, es un sistema de drenaje o excretor que comunica a la célula que lo posee con el exterior y que tiene su origen en el interior del protoplasma. Mediante el método de impregnación argéntica, Sánchez pone de manifiesto detalles de la estructura del retículo sarcoplásmico de los invertebrados, semejantes a los que se encuentran en la fibra cardíaca de mamíferos (7). Realizó estos trabajos en caracoles, almejas, sanguijuelas y algunos insectos. Observó una formación formada por gránulos, más abundantes en las zonas centrales y otra filamentosa en los extremos, con características variables, que atribuye a artefactos de la técnica. En

cualquier caso, es la descripción más completa hasta esa fecha del retículo sarcoplasmico de los invertebrados.

En resumen, con toda su obra científica D. Domingo lo que hace es apoyar las ideas de su maestro, Cajal, pero siempre agradeciendo además su interés y capacidad para fomentar la obra original de sus discípulos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Alonso Peña JR. El charro desconocido 2014 [cited 2024 28/02/024]. Available from: `https://jralonso.es/2014/09/29/el-charro-desconocido/`.
2. González Santander R. La escuela histológica española. I Comienzo y Antecedentes. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá de Henares; 1996.
3. Ramón y Cajal S. Neuronismo o reticularismo. Archivos de Neurobiología. 1973;50 aniversario:3-140.
4. Ramón y Cajal S, Sánchez D, Universidad Complutense de Madrid. Laboratorio de Investigaciones B. Contribución al conocimiento de los centros nerviosos de los insectos. Madrid: Imprenta de Hijos de Nicolás Moya; 1915.
5. Sánchez y Sánchez D. Sobre el desarrollo de los elementos nerviosos en la retina del Pieris brassicae, L. Trab Lab Invest Biol. 1918;16:213-78.
6. Sánchez y Sánchez D. Contribución al estudio de los aparatos tubulares endocelulares de los invertebrados. Real Soc Esp Hist Nat. 1904;4:374-9.
7. Luna E. Sulla fine struttura della fibra muscolare cardiaca. Arch für Zellforschun. 1911;6.

Capítulo 28

Sobre el cáncer, mis mariposas del alma y su conexión con Cajal

Sara Cuadrado-Castaño

Las implicaciones de los descubrimientos y observaciones de Santiago Ramón y Cajal en el campo de la oncología son vastas y multifacéticas, extendiéndose más allá de su investigación fundamental en neurociencia. Como se recopiló de forma brillante en el articulo ***"The contributions of Santiago Ramón y Cajal to cancer research — 100 years on"***, publicado en la prestigiosa revista *Nature Reviews Cancer* (2005) -y que volví a revisar recientemente para esta tarea-, Cajal fue pionero y gran propulsor de la investigación biomédica del cáncer, contribuyendo con artículos originales especializados que incluyen sus *doctrinas cajalianas* tanto fuera como dentro de la anatomía patológica del tumor, además de aportar una extensa documentación microfotográfica de tumores.

El artículo de Martínez y otros, en la web de la revista: *Nature Reviews Cancer* 5, 904–909 (2005)

A través de su trabajo meticuloso en el perfeccionamiento de **técnicas de tinción,** y su habilidad para interpretar lo que veía bajo el microscopio, Cajal consiguió diferenciar tipos de células y estructuras especializadas, en ausencia de tecnologías microscópicas avanzadas. Su genialidad radicó en aplicar, perfeccionar y combinar técnicas existentes, como la de Golgi, con un nivel de precisión, observación y creatividad que no se había visto antes, lo que le permitió hacer descubrimientos sin precedentes en la neurociencia y, de forma paralela, en **el estudio de la biología del tumor y la proliferación celular**. ***"Manual de Anatomía Patológica General y de Bacteriología Patológica"***, con mas de diez ediciones y uno de sus legados por excelencia, contribuyó significativamente a la **comprensión de la neo-**

plasia -como la multiplicación o crecimiento anormal de células en un tejido del organismo- y recoge **una primera clasificación anatómica de tumores**. En **"Manual de histología normal y de técnica micrográfica"**, publicado por fascículos entre 1884 y 1888, y encuadernado como volumen con nueva portada y prólogo en 1889, no solo se abordan técnicas micrográficas sino también observaciones celulares que hoy podrían interpretarse en el contexto de la **estabilidad genómica y la reparación del ADN** en la oncología, considerando cómo las células mantienen su integridad a pesar de las agresiones externas. En **"Estudios sobre la degeneración y regeneración del sistema nervioso"** (1913), recipiente de la teoría neuronal y la ley de la polarización dinámica que revolucionarán y cambiarán la neurociencia para siempre, Cajal ofrece percepciones sobre el **ciclo de vida celular** que pueden aplicarse al **estudio de la regulación del ciclo celular en el cáncer**, un campo crucial para entender la proliferación descontrolada de células cancerosas. Descifrar los mecanismos de control y regulación en células normales ha sido, y sigue siendo hoy en día, fundamental para revelar vulnerabilidades en las células cancerosas que pueden ser explotadas terapéuticamente, ofreciendo caminos para el desarrollo de fármacos que detengan específicamente la proliferación de células tumorales.

Más allá de la patología, Cajal propuso ideas revolucionarias que se validarían más tarde: Sus observaciones y estudios sobre las metástasis **anticiparon la hipótesis de la "semilla y el suelo" de Stephen Paget** publicada en 1889 en la revista *The Lancet*. Cirujano y fisiólogo británico, Paget (1855-1926) propone que las células cancerosas metastásicas (la "semilla") se diseminan y prosperan solo en órganos distantes que proporcionan un ambiente compatible (el "suelo") para su crecimiento. Aunque inicialmente controvertida, esta idea ha sido validada por investigaciones posteriores y sigue siendo fundamental en la oncología moderna, influenciando las estrategias actuales para comprender y tratar las metástasis del cáncer.

Cajal anotó por primera vez el concepto de **células madre tumorales**, sugiriendo una distinción entre células adultas y lo que el define como **corpúsculos germinales** (células madre), que son cruciales para la regeneración de tejidos y la patología, una noción que se alinea con las comprensiones modernas de las células madre y el cáncer. El concepto de **células madre tumorales** (**CMT**), fue solidificado en la década de 1990 por el científico canadiense **John E. Dick y su equipo**. En 1997, demostraron que en la leucemia mieloide aguda

(LMA) existe una subpoblación de células capaces de iniciar la enfermedad en ratones, lo que desafió la idea previa de que todas las células tumorales tenían igual capacidad de propagar el cáncer. Este hallazgo clave impulsó investigaciones adicionales sobre las CMT en diversos tipos de cáncer, abriendo caminos para desarrollar terapias dirigidas específicamente a estas células con el objetivo de ofrecer tratamientos más efectivos.

Cajal enfatizó en numerosas circunstancias la importancia del estroma en el crecimiento tumoral, reconociendo el papel del microambiente tumoral e interacciones que tienen lugar entre las células cancerígenas y el estroma en la progresión del cáncer, idea a la que volveré en breve por su importancia en como vemos y tratamos el cáncer en la actualidad. Y propuso ideas tempranas sobre la **angiogénesis tumoral**, describiendo el efecto quimiotáctico de las células tumorales en la formación de nuevos vasos sanguíneos, un concepto fundamental en la investigación contemporánea del cáncer.

Como recojo en el titulo de este ensayo, a titulo personal y como científica que trabaja en el diseño de nuevos tratamientos frente al cáncer usando virus oncolíticos, o *Viroterapia* del cáncer, tengo especial debilidad y conexión por un trabajo concreto de Don Santiago, titulado ***"Las defensas orgánicas en el epitelioma y carcinoma"***, publicado en 1896 y que comienza así:

> "Cualquiera que sea la etiología y patogenia del carcinoma y epitelioma (...) y sin prejuzgar el resultado de la contienda entre los partidarios de la teoría parasitaria (...) y los mantenedores de las teorías histogénicas (...), una cosa nos parece enormemente demostrada: que el organismo reacciona enfrente de las epiteliales invasoras, poniendo en ejercicio los mecanismos generales de defensa contra infecciones. Claro es que semejantes defensas, por lo que respecta a los tumores, son casi siempre ineficaces, cuando no contraproducentes, pero su estudio no deja por eso de tener interés excepcional, puesto que si llegáramos a establecer el mecanismo del proceso reaccional del organismo, el arte médico habría hallado un principio sobre el que que fundar sus experiencias terapéuticas".
> *Santiago Ramón y Cajal*

Con un claro entendimiento de la complejidad e importancia de sus palabras, pero de forma simple y llana, a pesar de la retórica de la época, Cajal dejaba claro que solamente a través del entendimiento y manipulación de los mecanismos inmunitarios en relación con

los tumores podría haber posibilidad terapéutica. **Cajal está hablando de inmunoterapia del cáncer**. Y continúa, si cabe de forma mas brillante, enunciando lo siguiente:

> "Encontrar sustancias capaces de exaltar la intensidad de esos procesos defensivos, para que, en la lucha entablada entre los epitelios insurgentes y el organismo, la Victoria se incline a favor de éste". *Santiago Ramón y Cajal*

En este punto, y antes de desvelar el "*colorario practico de estos estudios* " y la conexión con mi trabajo, he de introducir a otro científico contenporáneo a Cajal, **William Coley**, considerado pionero en el campo de la inmunoterapia contra el cáncer y, como Cajal lo es en Neurociencia, Coley es considerado el padre de la inmunoterapia.

Coley (1862-1936), de origen estadounidense con base en Nueva York, se formó en Yale y se especializó en cirugía y oncología. Sus investigaciones sentaron las bases para desarrollos futuros en la biología del cáncer y el tratamiento, influenciando la dirección de la investigación oncológica hasta el día de hoy. Tras la publicación de su trabajo "*Contribution to the Knowledge of Sarcoma*" (1891) donde reportó sus observaciones iniciales que sugerían una relación entre infecciones bacterianas y la regresión de tumores sarcomatosos, Coley tomó un enfoque radicalmente diferente hacia el cáncer, basándose en la observación clínica y la experimentación directa. Inspirado por un caso en el que la infección posquirúrgica llevó a la regresión de un sarcoma recurrente, Coley desarrolló un tratamiento que involucraba la inyección de mezclas bacterianas vivas, conocidas como "Toxinas de Coley", en los tumores, con la esperanza de estimular una respuesta inmunitaria que atacara el cáncer. Sus resultados fueron publicados en 1893, en el artículo **"The Treatment of Malignant Tumors by Repeated Inoculations of Erysipelas: With a Report of Ten Original Cases"** —tres años antes de *"Las defensas orgánicas en el epitelioma y carcinoma"* de Cajal.

Los resultados de Coley fueron mixtos y el método cayó en desuso con el advenimiento de la radioterapia y la quimioterapia, lo cual, en retrospectiva, pudo retrasar la evolución de la immunoterapia como la entendemos y practicamos hoy. Independientemente de si Cajal era sabedor de Coley, o de sus estudios, o incluso si ello le influenció de alguna manera a la hora de escribir la conclusión de *"Las defensas orgánicas en el epitelioma y carcinoma"*, me pregunto si, una vez más, la

genialidad del español pasaría desapercibida entre sus contemporáneos en detrimento del avance terapéutico del cáncer, pero para una vez más, revolucionar mis mariposas del alma y revitalizar mi amor a la ciencia;

Y Cajal concluye así:

> "(...) *En resumen, y como colorario práctico de nuestros estudios, hagamos constar que, hoy por hoy, abstracción hecha de la intervencion quirúrgica, que por ciega y macroscópica es a menudo ineficaz, no se vislumbra más que un solo camino para ayudar al organismo en sus luchas contra la infección epitelial:* ***la inyección local de sustancias capaces de aumentar, por acción sobre los órganos hematopoyéticos, la producción de leucocitos, y de acrecentar, por influencia local, la afluencia de estos en torno o en el espesor de los nódulos epitélicos****". Santiago Ramón y Cajal*

Esta doctrina cajaliana escondida al final de *"Las defensas orgánicas en el epitelioma y carcinoma"* resume los puntos críticos de lo que será la evolución del campo de la inmunoterapia en los años que siguen a la desaparición de Cajal. Las terapias CAR-T, impulsadas por Zelig Eshhar, Carl June y Michel Sadelain, utilizarán células T del sistema inmunitario del paciente modificadas en laboratorio para que puedan reconocer y atacar específicamente a las células cancerosas; James P. Allison y Tasuku Honjo ganarán el Nobel por sus trabajos con los inhibidores de puntos de control inmunitario que consiguen eliminar frenos del sistema inmunitario, permitiendo que las células T ataquen más efectivamente al cáncer. La prevención del cáncer dará un salto astronómico con las vacunas contra el VPH, desarrolladas tras el descubrimiento de Harald zur Hausen. Steven A. Rosenberg liderará la terapia de transferencia adoptiva de células, mientras que la inmunoterapia combinada y personalizada avanzará gracias a esfuerzos como los de Carl June.

Y la Viroterapia del cáncer, aprovechará la habilidad natural de los virus para infectar y matar células tumorales preservando las sanas. Más allá, los efectos directos de la infección vírica de las células cancerígenas estimularán una respuesta inmune robusta contra los tumores, marcándolos para su destrucción por el sistema inmunitario y generando una memoria inmunológica que protegerá frente a rebrotes. En el campo de batalla de la investigación, el enfoque estará en hacerlos aún más precisos y combinarlos con otros tratamientos, como la inmunoterapia, buscando una victoria decisiva en la guerra contra el cáncer.

Porque, «en la lucha entablada entre los epitelios insurgentes y el organismo, la Victoria (..)» se escribirá con V de virus.

Sara Cuadrado-Castaño Cancer Virotherapy Icahn School of Medicine at Mount Sinai

Capítulo 29

Anterioridad no es prioridad: el cólera de 1885 y la Guinea de 1909

José Francisco Adserias Vistué, Estanislao Nistal Villán y

Antonio Muro Álvarez

España entera se estaba muriendo de cólera. Aquel año de 1885 hubo **339.794 enfermos y 120.245 muertos**; cuarenta y seis de las cuarenta y nueve provincias tuvieron epidemia, y solo se libraron las dos insulares, Baleares y Canarias, y A Coruña. La peor de todas, en número de enfermos, fue Zaragoza. En la capital, el cólera duró del 3 de julio al 14 de septiembre.

Y en Zaragoza, en una torre de San Juan de Mozarrifar, a siete kilómetros de la ciudad, un médico de treinta y tres años pasó aquel verano inoculando cobayas. Se llamaba Santiago Ramón y Cajal, y la Diputación le había encargado estudiar la epidemia y dictaminar sobre la vacuna que entonces se discutía. Faltaban catorce años para que publicase la *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*, el tratado donde reunió lo que había visto al microscopio durante veinte años y que sigue consultándose hoy, y veintiuno para el Nobel.

Su idea era sencilla de enunciar y nueva de hacer: si lo que protege no es la bacteria viva sino lo que la bacteria es, bastaría con **matarla por calor** antes de inyectarla, y se evitaría meter en el cuerpo un microbio capaz de multiplicarse. El 10 de julio de 1885 hirvió los cultivos, inoculó a los animales y esperó ocho días; entonces les inyectó el vibrión vivo. Los que habían recibido el cultivo hervido lo resistieron.

Lo que más importa no es ese resultado, sino cómo lo contó. Dejó escrito de qué cultivo partía y de qué edad era, cuánto inyecta-

ba, cuántos días dejaba pasar, con qué animales comparaba y qué le ocurrió a cada uno, incluidas las series que no salieron bien. Publicó también los fracasos. Eso, en 1885, no era lo normal: era la diferencia entre anunciar un resultado y permitir que otro lo comprobara.

Contar esto tiene una trampa fácil: convertirlo en bandera. España llegó antes. Lo hicimos primero. No vamos por ahí, y conviene explicar por qué.

Cinco años antes alguien lo había intentado. Henri Toussaint, veterinario, buscaba una vacuna contra el carbunco, la enfermedad que causa la bacteria *Bacillus anthracis*: mata ganado, y mata también a las personas —casi siempre si se inhala, con frecuencia si se ingiere, y a una de cada cinco cuando solo afecta a la piel—. No había antibióticos, no los habría hasta sesenta años después, y la vacunología acababa de nacer. Toussaint calentó sangre de animal enfermo a 55 grados para matar la bacteria, inyectó esa sangre a ovejas y las ovejas resistieron.

Pero no la había matado del todo. En la Escuela Veterinaria de Alfort, a las afueras de París, se repitió la prueba con veinte ovejas vacunadas: **cuatro murieron de carbunco en los cuatro primeros días**. El líquido llevaba todavía bacterias vivas. Así que en 1880 la idea de inactivar por calor ya estaba publicada, pero no resuelta.

Y Ferrán había comunicado a París, meses antes, que protegía cobayas inoculándoles **cultivos vivos** del vibrión —sin presentar los experimentos—. Esa fue siempre su vacuna: bacterias vivas. La que Cajal probó en julio era otra cosa: bacterias muertas.

De modo que la frase exacta es esta, y conviene no agrandarla ni encogerla. **Cajal no fue el primero en proteger un animal contra el cólera: ese fue Ferrán, con cultivos vivos. Pero sí fue el primero en hacer experimentos con una vacuna inactivada**, y en describirlos paso a paso. Ferrán llegaría también a los cultivos muertos, pero su nota sobre una «vacuna química» está fechada el 31 de julio y París la recibió el 3 de agosto: tres semanas después del primer experimento de Cajal. Cajal experimentó antes; Ferrán comunicó antes.

Un año después, en 1886, Daniel Elmer Salmon y Theobald Smith calentaron bacterias, las inocularon en palomas y demostraron que quedaban protegidas frente a un cultivo vivo posterior. Son cinco páginas en los *Proceedings of the Biological Society of Washington*, y los CDC las describen hoy como «la primera prueba de que las bacterias muertas podían inducir inmunidad activa en animales de experimentación».

Esa es la fecha que ha quedado. Cuando hoy se cuenta cuándo nació la vacuna de gérmenes muertos, se responde 1886, en Washington, con Salmon y Smith; en el año anterior, 1885, las cronologías anotan a Pasteur y la rabia, a Ehrlich y sus colorantes, a Escherich y su bacilo. No anotan a Ferrán. No anotan a Cajal. Y el crédito fue tan completo que un género entero de bacterias se llama *Salmonella*.

Y lo que distingue el trabajo de Cajal tampoco es que llevara la contraria. Al revés: **reprodujo en sus cobayas la protección que Ferrán anunciaba, y lo dijo**. Lo que negó fue que aquello demostrara nada sobre las personas, y dejó escrita la razón: el vibrión del cólera no enferma el intestino del cobaya, de modo que el animal no podía aportar «prueba decisiva y concluyente sobre la eficacia de la inyección». Reconocer el efecto y negarle a la vez valor de prueba es una posición incómoda, y era la correcta. La sostuvo teniendo él mismo una vacuna que funcionaba en el animal.

Y ahí empieza la otra mitad de la historia, que es la que de verdad enseña algo.

La vacuna de Ferrán fue la más inoculada de España aquel año, y cifras hubo. Los médicos de Alcira firmaron el 21 de agosto un certificado según el cual el cólera atacó al 8,16 % de los no inoculados, al 1,98 % de los inoculados una vez y al 0,62 % de los inoculados dos veces; ellos mismos advertían que el setenta por ciento de los inoculados pertenecía a la clase que había soportado la epidemia. Y Léon Gosselin, que revisó las cifras de Ferrán para el premio Bréant de la Academia de Ciencias de París, sumó siete pueblos: el cólera había seguido al 1,4 % de 42.294 vacunaciones, frente al 9 % de la población sin vacunar.

Parece concluyente. Gosselin no lo encontró concluyente, y sus razones no son de patria: las cifras cubrían cinco semanas y siete pueblos, cuando Ferrán tenía datos de al menos veintiocho; no estaban tabuladas; el intervalo entre inoculaciones había cambiado durante la campaña; en varios pueblos solo se puso una dosis; no hubo seguimiento, y donde se pusieron dos los resultados se contradecían. Su informe no llegó a imprimirse.

Aquel mismo mes de julio, la Academia había declarado que antes de cualquier examen le eran indispensables «las estadísticas oficiales y completas de las inoculaciones ya practicadas». Ferrán contestó once días después que, retenido en Madrid, no había podido ocuparse de ellas. **Esas no llegaron nunca.** No faltaron números: faltó la serie que todos hubieran aceptado.

El Estado había prohibido la vacuna en mayo por considerarla un remedio secreto. En junio dispuso que las inoculaciones «no podrán hacerse más que por el Dr. Ferrán ó bajo su dirección», y mantuvo la prohibición para todos los demás durante años.

Y sí quiso las cifras: desde junio, Ferrán debía trabajar bajo un delegado del Gobierno «para evitar abusos y llevar estadísticas rigurosas». Pero cuando fue a tomarlas sobre el terreno, llegó tarde. Una real orden del 28 de julio creó una comisión para inspeccionar las nuevas inoculaciones y reunir sus estadísticas, y empezó por Don Benito, en Badajoz. Otra, del 31 de julio, añadió tres pueblos de Teruel: Híjar, La Puebla de Híjar y Albalate del Arzobispo. La estadística oficial dice en qué estado los encontró. En Don Benito, 757 de los 913 casos del pueblo habían ocurrido ya en julio. En Albalate, 522 de 694. En Híjar, 283 de 376. Y en La Puebla de Híjar los 253 casos se dieron todos entre el 17 y el 31 de julio, y ninguno en agosto: **el último fue el mismo día de la real orden que designaba el pueblo para el ensayo**. Se mandó probar una vacuna contra el cólera en un pueblo el día en que allí se acabó el cólera.

Las cuentas de aquella comisión se publicaron en la *Gaceta* en abril de 1886. Entre sus gastos están las dietas que cobró Jaime Ferrán «como miembro» de la comisión que inspeccionaba su propio método: treinta y ocho dietas de 125 pesetas y dieciocho de 50: cinco mil seiscientas cincuenta pesetas en total. El autor del remedio se sentaba en el tribunal que lo juzgaba, y con dieta.

Y no fue que el Estado no supiera contar. Las cifras del principio de este capítulo son suyas. En 1887 el Negociado de Estadística publicó *Cólera morbo asiático en España durante el año de 1885*: ciento veinte páginas de tabla, **2247 ayuntamientos** uno por uno y mes a mes, con los enfermos en tinta roja y los muertos en negra, el día del primer caso y el del último.

Contó a sus muertos hasta la última aldea. No contó a los vacunados.

Y conviene decir lo que a todos les faltaba, porque no es un defecto de carácter. En 1885 nadie tenía cómo demostrar que una vacuna funcionaba: el ensayo controlado no se había inventado, y la Academia estaba pidiendo un instrumento que nadie había construido todavía. Cajal lo dijo pidiendo exactamente eso, hechos tomados de otra manera: «En general, las estadísticas están en favor del procedimiento; pero [...] requiérense más hechos y de otro modo clasificados y organizados». La anterioridad no da prioridad porque la prioridad exige

una prueba, y la prueba exige un método.

Veinticuatro años después, en 1909, Cajal dirigía el Instituto de Sueroterapia, Vacunación y Bacteriología Alfonso XIII, del que era director desde su creación en 1899 y que en 1911 se llamaría Instituto Nacional de Higiene. Propuso al Gobierno enviar una comisión al golfo de Guinea a estudiar la enfermedad del sueño. La encabezó Gustavo Pittaluga, y formaba parte de ella Jorge Ramón Fañanás, hijo de Cajal.

Entre la real orden que la dispuso y la salida de Madrid pasaron siete días. Con tanta prisa, parte del material de la expedición salió de los armarios del propio Instituto: el Estado encargó la comisión y la mandó con lo que Cajal tenía en casa. Volvieron con catorce casos clínicos, varios centenares de personas examinadas y un informe de cuatrocientas cuarenta y dos páginas con láminas en color, que el Ministerio de Estado imprimió y que Cajal prologó. De las medidas preventivas que recomendaba no se aplicó ninguna. En veinte años, la enfermedad pasó de afectar a uno de cada diez examinados a más de la mitad.

Las dos reales órdenes que dispusieron aquella expedición y la publicación de su informe no aparecieron nunca en la *Gaceta de Madrid*.

A su vuelta, además, Pittaluga se encontró una España a la que el cólera volvía a golpear. En 1911 fue el encargado de la campaña contra el cólera en Cataluña y miembro de la Comisión del Instituto Nacional de Higiene para la profilaxis y la vacuna anticolérica. Veintiséis años después de Zaragoza, la misma pregunta seguía sin respuesta, y se la encargaron al hombre que Cajal había mandado a Guinea.

De aquel verano no salió una vacuna. Salió algo que ha durado más. Cajal no se quedó en anunciar que sus animales resistían: escribió de qué cultivo partía, cuánto inyectaba, cuántos días esperaba, con qué comparaba, qué le salió mal y qué seguía sin estar demostrado. Veinticuatro años después mandó a Guinea una comisión que volvió con catorce casos, varios centenares de personas examinadas y cuatrocientas cuarenta y dos páginas de descripción. Es el mismo gesto: dejar por escrito cómo se ha llegado, para que otro pueda comprobarlo o desmentirlo.

Ese es el legado que este libro reúne, mirado desde tantos sitios distintos como autores lo firman. No es haber llegado antes. Es haber enseñado a trabajar de manera que llegar antes se pueda demostrar.

Este capítulo resume, en lenguaje llano, tres trabajos de los autores sobre los estudios de Cajal acerca del cólera de 1885 y sobre la expedición al golfo de Guinea de 1909, que se publicarán aparte en revistas científicas. Ninguna parte de aquellos manuscritos se reproduce aquí.

Trabajos premiados

Premios D. Santiago Ramón y Cajal · 2024-2026

Del homenaje «Salamanca por Cajal y la Ciencia» nacieron los Premios D. Santiago Ramón y Cajal. Las páginas que siguen recogen los trabajos escritos que fueron premiados en sus tres primeras ediciones, de 2024 a 2026: los de Inteligencia Artificial, que convoca el AIR Institute; los de Parasitología, de la Sociedad Española de Parasitología (SOCEPA); los de Histología, de la Sociedad Española de Histología e Ingeniería Tisular (SEHIT), y los Premios Escolares.

Cuando el archivo santiagoramonycajal.org publicó después una versión mejor de un trabajo, es esa la que aquí se recoge. De los trabajos escolares se indican el curso, el centro y el profesorado.

I Premio D. Santiago Ramón y Cajal y la Inteligencia Artificial · AIR Institute · 2024

Cajal y la Inteligencia Artificial

Enrique Vázquez de Luis

La importancia científica y humana de Santiago Ramón y Cajal está fuera de toda duda. En los 82 años que estuvo entre nosotros realizó un incansable trabajo, en el que destacan sus investigaciones sobre el sistema nervioso, que le valieron, junto a Camillo Golgi, el reconocimiento con el Premio Nobel de Medicina en 1906. Pero no fue su única genialidad, como un auténtico «hombre del renacimiento» era también reconocido por su faceta como escritor, fotógrafo o artista por sus inconfundibles dibujos, admirado maestro y respetado senador del que cabe destacar la honestidad de la hizo gala hasta su muerte.

A caballo entre los siglos XIX y XX Santiago Ramón y Cajal estaba fascinado con los rápidos avances de la ciencia y la tecnología de aquella época. En varios de sus escritos filosóficos, como los que podemos encontrar en su libro *Chácharas de café: pensamientos, anécdotas y confidencias* [1], gusta de comentar la ciencia de su tiempo, los avances técnicos que se iban produciendo atropelladamente y el imaginado futuro para la humanidad. Quizá menos conocida es su faceta como escritor de una ciencia ficción que le lleva a divagar sobre diversos aspectos de la biología, la filosofía natural y el ser humano. En sus *Cuentos de vacaciones. Narraciones pseudocientíficas* [2] nos podemos encontrar una comparativa recurrente en la obra de Cajal entre las máquinas, que tanto le fascinaban, y el ser humano al que trataba de entender.

Si bien es cierto que no existe registro documental sobre que Cajal hipotetizase sobre una futura «máquina pensante», como sí hizo antes que él la pionera de la informática Ada Lovelace, cristalina queda

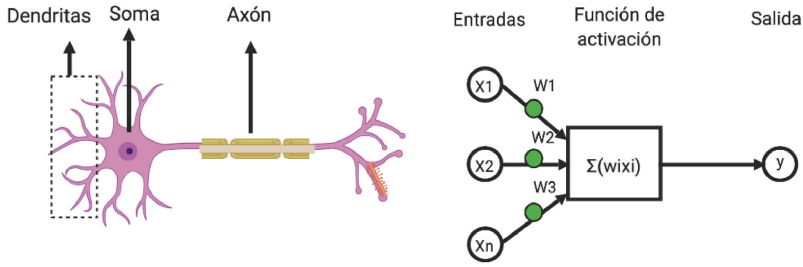
su influencia en escritos posteriores. Pero si ha habido en la historia una persona que, sin los medios técnicos, se obsesionase con la idea de máquinas pensantes fue sin duda Alan Turing. Se trata de una idea presente en todos sus escritos, pero de una forma nuclear en su pequeño libro *¿Puede pensar una máquina?* [3] en el que mantiene un imaginado diálogo epistolar con la señorita Lovelace en el que discuten sobre esa cuestión.

El filósofo José Ortega y Gasset, en su obra *Meditaciones del Quijote* [4], escribe: «*No es aventurado suponer que, con el tiempo, la técnica podrá construir aparatos capaces de imitar, cuando menos en parte, las funciones de la corteza cerebral. Llegará tal vez un día en que el hombre pueda crear cerebros artificiales, tan perfectos como los naturales, o aún más*». No podemos sino ver reflejada la Doctrina de la Neurona que originaron los estudios de Cajal.

La Doctrina de la Neurona, la teoría de Cajal que postulaba que las neuronas eran células discretas y la forma básica y fundamental del sistema nervioso se encuentra detrás de los actuales avances en Inteligencia Artificial Generativa.

Desde que Turing definiese las bases de la informática moderna, y postulase la posibilidad real de crear una máquina pensante que emulase las conexiones del cerebro humano, hasta que Minsky y Papert demostraron que su perceptrón multicapa era capaz de resolver problemas no lineales, miles de matemáticos intentaron modelar el funcionamiento de las sinapsis a través de complejos algoritmos matemáticos. La simplificación hasta el extremo que supuso el perceptrón, centrado en definir la neurona artificial como un análogo de esa célula fundamental que describió Cajal, se demostró como el modelado más eficiente y poderoso a la hora de «aprender». Funcionaba hasta tal punto que obligó a redefinir la neurociencia moderna, que tuvo que volver a los postulados más simples de la Doctrina de la Neurona para poder explicar el funcionamiento del cerebro, a pesar de todos los detractores que ha tenido esta teoría a lo largo de los años.

Cajal hubiese quedado fascinado del poder de su modelo, aplicado en el perceptrón, si su vida se hubiese extendido hasta 1969. A pesar de las limitaciones de cómputo de aquellos años, que obligaron a la Inteligencia Artificial a sumirse en un largo invierno, le hubiese encantado ver de qué forma se podían resumir sus ideas. Pero ese pequeño perceptrón, con muy pocas capas y escasas neuronas en cada una, no podía competir con la complejidad del cerebro humano.

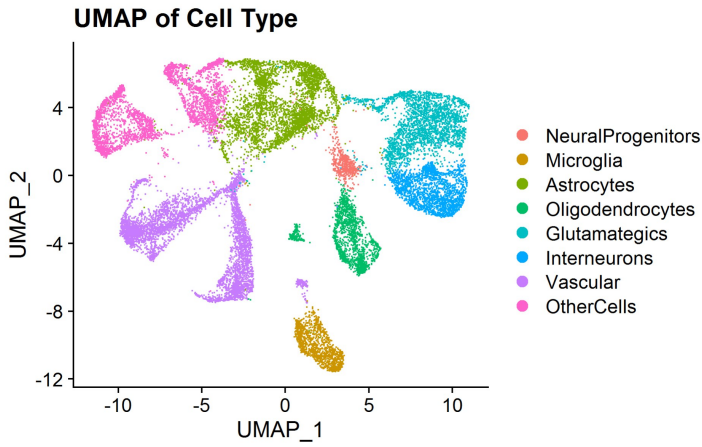


Esquema de una neurona y de un perceptrón multicapa [5].

Hubo que esperar aún unas cuantas décadas de avance y miniaturización de los transistores hasta llegar a los actuales sistemas multiagente, redes convolucionales/deconvolucionales o *transformers* que se unen en grandes modelos de lenguaje para poder asombrarnos con la generación automática de imágenes, texto, audio, voz, visión artificial, conducción autónoma, sistemas que aprenden, comprenden y, en cierto sentido, razonan, todas las maravillas que nos encontramos día tras día con los avances en Inteligencia Artificial. Pero no podemos olvidar que la gran mayoría de estos sistemas no son más que gigantescos perceptrones, con cientos de miles, millones de neuronas individuales, con un mecanismo de conexión y activación sencillo que ya definió Santiago Ramón y Cajal a principios del siglo XX.

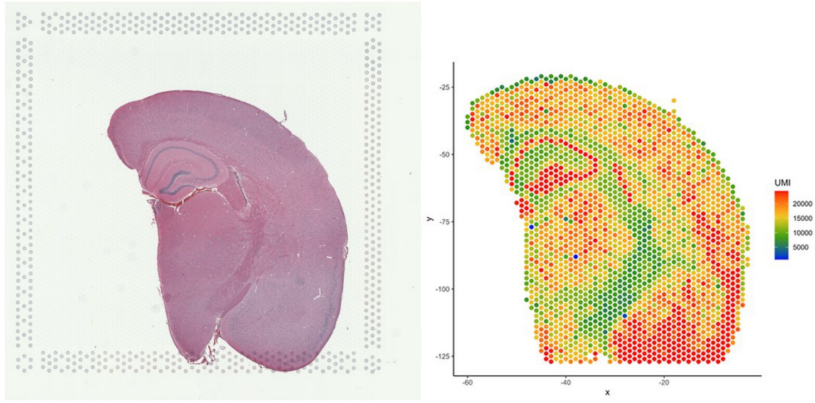
Es más que posible que todo lo que estamos empezando a normalizar hoy día, a Cajal le pareciese magia, brujería de lo más fantástica, incluso a nosotros, que lo hemos visto evolucionar, nos lo parece a veces, pero cuando lo entendiese disfrutaría como nadie comprobando que sus teorías eran correctas, y hasta donde nos han llevado.

De la misma forma, o puede que con más razón, disfrutaría de los avances científicos y técnicos que han llegado a su campo de estudio y que nos permiten ver, experimentar, «jugar» como, sin duda, le hubiera gustado en su época. Un hombre que dedicaba días y días a observar y dibujar neuronas individuales no podría dejar pasar las mejoras en microscopía que, guiada con Inteligencia Artificial, nos está permitiendo ver el comportamiento in vivo de una neurona al recibir su químico estímulo. Sería el primero en experimentar con las ómicas de célula única que le permitirían, que hoy permiten, disgregar todos los tipos celulares, por pequeños o poco representados que sean, que se encuentran en el cerebro. En-



Transcriptómica de célula única de cerebro embrionario de pollo [6].

tender el funcionamiento y la comunicación entre las distintas células que forman el sistema nervioso. Observar cómo decide una célula nerviosa embrionaria terminar convirtiéndose en una neurona que nos servirá para ver, o para recordar, o para que lata nuestro corazón. Comprobar cómo la evolución ha hecho de los cerebros de los distintos vertebrados algo tan variado y a la vez tan parecido.



Transcriptómica espacial de cerebro de ratón [7].

Correría a preparar muestras para las ómicas con información espacial, que le permitirían conocer mucho más de cerca, con una canti-

dad increíble de información a sus amadas neuronas. Observar bajo el microscopio, con ayuda de la computación, todo el contexto biológico que rodea cada sección del cerebro o de la médula espinal. Ver qué ocurre cuando el órgano va gestándose, o cuando va muriendo, cuando sufre una enfermedad o accidente y cuando se va restableciendo.

Avances tecnológicos de ensueño, que aúnan perfiles de muy diversas especialidades y que requieren, para su análisis e integración de técnicas avanzadas de aprendizaje automático y análisis de datos ya que nos proporcionan tanta información que nuestras pobres neuronas no son capaces de procesar por sí solas. Innovaciones que no serían posibles si no viviésemos a hombros de gigantes como Santiago Ramón y Cajal.

En definitiva, el trabajo de Cajal ha sido esencial para la ciencia de los años posteriores, y lo sigue siendo en nuestros días. Su modelo de neurona nos ha permitido, no solo conocer el funcionamiento del sistema nervioso animal, cómo se divide, cómo se comunica, sino que también nos ha permitido empezar a definir teorías sobre cómo pensamos, cómo se analiza la información en nuestras cabezas, cómo vemos, oímos o recordamos. Y por si esto fuera poco, ese conocimiento nos ha permitido crear sistemas artificiales cada vez más complejos que nos ayudarán a diagnosticar enfermedades, nos librarán de trabajos tediosos y supondrán una fuente inagotable de creatividad que agilizará los procesos de creación.

Referencias

[1] Ramón y Cajal, S. *Chácharas de café: pensamientos, anécdotas y confidencias*. 1920. Moya.

[2] Ramón y Cajal, S. *Cuentos de vacaciones* (*Narraciones pseudocientíficas*). 1905. Fortanet.

[3] Turing, A. M. *¿Puede pensar una máquina?* 1947.

[4] Ortega y Gasset, J. *Meditaciones del Quijote*. 1914.

[5] Imagen procedente de Ulises García. Futurelab. `https://futurelab.mx/redes%20neuronales/inteligencia%20artificial/2019/06/25/intro-a-redes-neuronales-pt-1/`

[6] Datos procedentes de: Rueda-Alaña E., Grillo M., Vázquez E., Marco Salas S., Senovilla-Ganzo R., Escobar L., Quintas A., Benguría A., Aransay A. M., Dopazo A., Encinas J. M., Nilsson M. y García-Moreno F. «BirthSeq, a new method to isolate and analyze dated cells from any tissue in vertebrates». Disponible en: `https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.10.10.559090v2`

[7] Datos procedentes de 10X Genomics. https://www.10xgenomics.com/analysis-guides/integrating-10x-visium-and-chromium-data-with-r

I Premio D. Santiago Ramón y Cajal y la Parasitología, ex aequo · SOCEPA · 2024

Una relación para la historia

José Antonio Garrido Cárdenas

Recordaba nítidamente los ojos cansados de aquella niña, treinta y cinco años después. Ya había terminado la estación seca, la más calurosa en la isla, pero los vientos terrales que venían del continente (harmat, para los nativos) hacían que el calor abrazara el terreno. Su madre la abanicaba con varias hojas de una planta de cacao, pero la niña, que presentaba desde hacía unos días somnolencia diurna excesiva, apenas reaccionaba, inmovilizada por la fiebre. Recordaba, además, cómo al mirar al médico del poblado, éste asentía en silencio y se lo confirmaba: *Tripanosoma* en sangre.

Gustavo Pittaluga lo recordaba, desde su exilio en La Habana. El sol del Caribe entraba cauteloso por la ventana de su apartamento y recorría las arrugas de toda una vida mientras él se asomaba al pasado. A lo lejos, el mar y el Malecón. Eternos. Idénticos a los que lo recibieron por primera vez a finales de 1937, cuando la Institución Hispano-Cubana de Cultura lo invitó, a través de la Facultad de Medicina de la Universidad de La Habana y el Instituto Finlay, a dar un curso sobre hematología. De aquello hacía ya más de un lustro. Ahora, al echar la vista atrás, era imposible no tropezar de nuevo con la mirada de aquella niña. El análisis sanguíneo, la característica alteración del ciclo vigilia-sueño y el claro edema facial que presentaba no le dejaron lugar a dudas. La pequeña estaba afectada de tripanosomiasis africana, la enfermedad del sueño.

Los territorios del Golfo de Guinea, a pesar de pertenecer a España desde finales del siglo XVIII —cuando Portugal se los cedió en el conocido como Tratado del Pardo—, representaban una región sobre la que existía un escaso control. Pero en 1907 sucedió algo que

iba a cambiar esta situación. En ese año se creó la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), al amparo de la Institución Libre de Enseñanza, cuyo objetivo fundamental era la promoción de la investigación y la educación científica en España. Y a la cabeza del proyecto colocaron al que acababa de convertirse en el primer científico español en obtener el Premio Nobel en Fisiología o Medicina, Santiago Ramón y Cajal. Una de sus obsesiones, desde que cogió el timón de la nueva institución, pasaba por la modernización de la estructura científica del país. Para ello, la expansión del conocimiento científico patrio más allá de nuestras fronteras era una de sus estrategias. Así, creó la sección de parasitología del Instituto Nacional de Higiene de Alfonso XIII y diseñó una expedición de estudios científicos que habría de poner rumbo a los territorios españoles del golfo de Guinea para estudiar la enfermedad del sueño.

Unos años antes, en 1903, había llegado a España el joven médico italiano Gustavo Pittaluga. Por entonces, el florentino tenía veintisiete años, pero ya había dado muestras de su genialidad. Su agudeza intelectual no había pasado desapercibida para Cajal, y tal fue así, que cuando Pittaluga asistió al XIV Congreso Internacional de Medicina, en Madrid, en el caluroso verano de ese año de 1903, los caminos de ambos genios se cruzaron para siempre, esculpiendo una relación para la historia. Antes, el italiano había adquirido una amplia formación en el laboratorio del catedrático de Anatomía Comparada Battista Grassi, conocido por su investigación en torno al papel del mosquito anófeles en la trasmisión de la malaria. Pero los intereses del joven Gustavo Pittaluga en el ámbito de la parasitología se extendían mucho más allá de las fronteras de esta enfermedad. Así que Cajal no lo dudó. En cuanto tuvo que elegir, lo señaló como la persona que dirigiría la expedición científica a las colonias españolas del golfo de Guinea, como jefe de la comisión. Por entonces, la parasitología médica y la biología experimental eran ciencias que apenas comenzaban a gatear, pero Pittaluga dio muestras de su buen hacer en el estudio de la enfermedad del sueño y las condiciones sanitarias en las que ésta tenía lugar en aquellos lugares del trópico africano. Cajal tenía como modelo las misiones científicas inglesas o alemanas, con delegaciones de bacteriólogos recorriendo la costa de África occidental, a pesar de sus deficiencias. Carecían de un método que las hiciera fiables e incluso de una mínima profilaxis que facilitara un diagnóstico racional, pero el científico español sabía que eran fundamentales para el progreso de la ciencia, cuya misión principal pasaba

por hacer habitable todo el planeta.

La expedición partió de Cádiz el 30 de mayo de 1909 y, tras 45 días de navegación, llegó a la isla de Fernando Poo (hoy, Bioko). Durante cuatro meses recorrió numerosos territorios en los que analizó y describió el medio, pormenorizó los detalles del clima, analizó las regiones donde había agua, tanto estancada como en movimiento, y estudió las costumbres y modos de vida de la población. A partir de todos estos datos, indagó la presencia en la región de la enfermedad del sueño y de otras parasitosis.

Hoy sabemos que la enfermedad del sueño, o tripanosomiasis africana, es producida por dos subespecies del parásito *Tripanosoma brucei*, conocidas como *T. b. gambiense*, localizada en África subsahariana central y occidental, y *T. b. rhodesiense*, en África oriental. Pero en el momento de la expedición española, no se había logrado diferenciar aún entre ambas, indistinguibles morfológicamente entre sí. Lo que sí se empezaba a saber era que las moscas del género *Glossina* —la mosca tse-tse— representaban los vectores responsables de transmitir la enfermedad con sus picaduras, y que cuando no era tratada y afectaba al tejido cerebral, podía incluso provocar un coma o la muerte. En éstas y en otras cuestiones incidió la expedición, de la que el equipo de Pittaluga extrajo, como principal conclusión, que la tripanosomiasis había invadido numerosos puntos de la región. Por suerte, aunque la enfermedad se encontraba muy extendida entre las tribus que habitaban el territorio, la endemia resultó ser mucho menor que la de otras colonias africanas.

A la luz insistente del atardecer cubano, el anciano científico se acordaba de todo aquello. Se acordaba también de que, tras la derrota republicana en la Guerra Civil Española, la JAE fue desmantelada. Para entonces, Pittaluga ya había abandonado el país. El fallecimiento de su maestro y amigo, Cajal —en 1934—, y la inestabilidad amenazante de un futuro incierto lo alejaron de España. Primero, en dirección a Francia. Luego, cruzando el Atlántico, para llegar a Argentina e instalarse definitivamente en La Habana, unos años después.

De las cenizas del recuerdo de la JAE y de parte de su estructura organizativa nació el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el CSIC. Y a partir de éste se gestaron otros logros, de manos de otros científicos y de otros anhelos de un futuro mejor. Pero esa es otra historia.

Referencias

I Premio D. Santiago Ramón y Cajal y la Parasitología, ex aequo · SOCEPA · 2024

Los parásitos en tiempos de Cajal

Juan González Fernández

D. Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) fue médico, histólogo, neurocientífico, pintor, fotógrafo, escritor, gimnasta y premio Nobel de Fisiología y Medicina por su teoría neuronal. Además, fue un gran impulsor de la parasitología en España (Callabed, 2019).

Justo al terminar la carrera de Medicina en Zaragoza, el 31 de agosto de 1873 y, a pesar de la oposición su padre, ingresó en el Cuerpo de Sanidad Militar (Martínez, 2023). Fue llamado a filas para atender a los heridos en la Guerra de Cuba y allí padeció paludismo en el año 1874 (Figura 1) (Gómez-Lus y Ramos, 2006).

> *Al fin flaqueó mi resistencia y enfermé del paludismo. Nubes de mosquitos nos rodeaban: además del* Anopheles claviger, *ordinario portador del protozoario de la malaria, nos mortificaba el casi invisible gegén, amén de ejército innumerable de pulgas, cucarachas y hormigas* [...]. *Sentí el cerco de la fiebre sobre mi piel. Busqué el sulfato de quinina* [...]. *Afloraba el color amarillo, mi corazón latía enloquecido.*

Tras su vuelta, en 1877 se doctoró en la Universidad Central de Madrid con 25 años y se casó con Silveria Fañanás García, ocupando en ese momento el puesto de Director de los Museos de Anatomía en Zaragoza. Tras obtener la cátedra en Valencia (1883) y más tarde en Barcelona (1887), se trasladó a Madrid obteniendo la Cátedra de Histología e Histoquímica Normales y Anatomía Patológica de la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Madrid (1892).

En 1896 publicó la segunda edición del Manual de Anatomía Patológica General y de Bacteriología Patológica; que sirvió de libro de

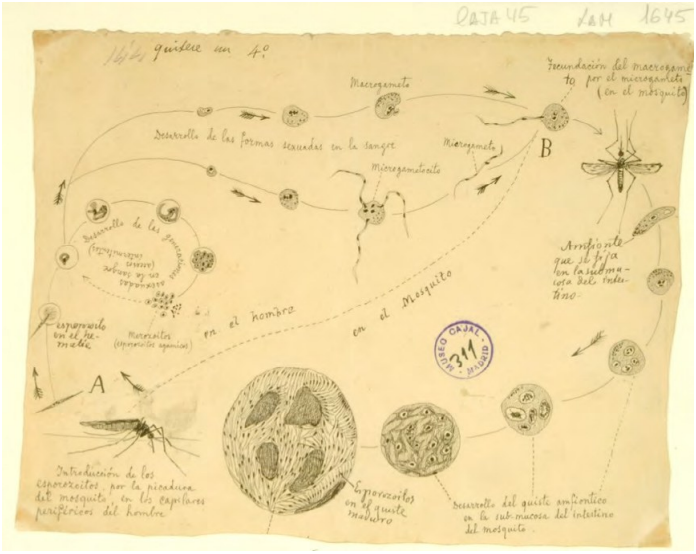


Figura 1. Ciclo completo de Plasmodium vivax *por Santiago Ramón y Cajal.*

texto a sus alumnos y en el que incluyó 320 grabados en color y en blanco y negro; entre ellos destaca uno sobre las fases del ciclo de *Plasmodium* (Figura 2).

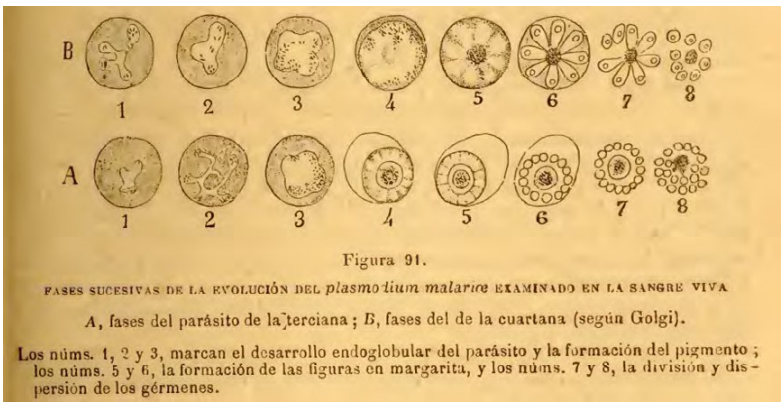


Figura 2. Grabado en blanco y negro de Cajal sobre las fases de Plasmodium (*Ramón y Cajal, 1896*).

El capítulo VIII (lesiones de las mucosas) del anteriormente citado manual, en concreto el punto 4, está dedicado a los parásitos intestinales (Ramón y Cajal, 1896). Cajal describió, en primer lugar, los nematodos. Afirmaba que tenían ciclos directos y que afectaban

al intestino humano tras la ingesta de sus huevos. Como principales especies destacó "*Ascarides lumbricoides*" (*Ascaris lumbricoides*) como una lombriz gruesa de huevos de 50 a 60 micras de diámetro con una cáscara granulosa y afirmó que "se ignora cómo evolucionan". "*Oxiures vermiculuris*" (*Enterobius vermicularis*) filiforme, de 4 y 10 milímetros de longitud para machos y hembras respectivamente, y "habita por millares en el recto de los niños". Describió sus huevos y su morfología. "*Tricocefalo dispar*" (*Trichuris trichiura*) cuya hembra presenta "la región de la cabeza delgada como un cabello, mientras que la porción posterior del cuerpo es gruesa y enrollada en espiral". Los huevos estaban descritos a la perfección, "alargados y con un nódulo en cada extremo". "*Strongylus duodenalis*" (*Ancylostoma duodenale*) con su cabeza de "cuatro ganchos". Describe la bolsa copulatriz en el extremo posterior y afirma que es tropical afectando al duodeno, chupando la sangre y produciendo anemia. "*Anguilula stercoralis*" (*Strongyloides stercoralis*) y "*Trichina espiralis*" (*Trichinella spiralis*) de la que describe a la perfección su ciclo y epidemiología.

En segundo lugar, los cestodos "Cestoides". Cajal describió los ciclos y la morfología de: "*Tenia solium*" (del cerdo), "*Tenia mediocanellata*" (saginata o de la vaca), "*Botriocefalus latus*" (*Dibothriocephalus latus*) como la tenia del pescado, "*Tenia equinococcus hidatidosus/multilocularis*" (*Echinococcus granulosus/multilocularis*) como la "tenia pequeña; del perro" y cuya presencia de quistes "ocasiona graves presiones y atrofias".

En tercer lugar, describió a los protozoos parásitos. Estos organismos eran todavía grandes desconocidos tanto en su morfología detallada como en su patogénesis. "*Cercomonas intestinalis*", (*Giardia intestinalis*) lo describe como un "infusorio flagelado, piriforme, con larga cola movible" que en realidad hoy conocemos que son 8 flagelos. No menciona los dos núcleos. Las tricomonas son descritas en dos especies: vaginal e intestinal y con solo dos flagelos. Actualmente, sobre *Trichomonas vaginalis* conocemos que presenta 4 flagelos libres y uno recurrente que Cajal describió como "peine de pestañas en un lado". Además, cita equivocadamente que ninguna de las dos especies era patógena. "*Balantidium coli*", fue descrito perfectamente dentro de los ciliados y "*Amoeba coli*" (*Entamoeba histolytica*) como causante de disentería.

En el Capítulo IX (Alteraciones de las glándulas); en el punto 4 se explican las alteraciones del hígado dónde habla de parásitos animales y dice que "se hallan alguna vez los distomas" (con dos bo-

cas): "*Distoma hepaticum*" y "*Distoma hematobium*". Principalmente trata "*Distoma hepaticum*" (*Fasciola hepatica*), aunque también menciona "*Distoma lanceolatum*" (*Dicrocoelium dendriticum*) "más lanceolado y pequeño que el anterior y no tan ofensivo" siendo raro en el aparato biliar del hombre y prefiriendo el de los bóvidos. También describió "*Coccidium oviforme*" (*Eimeria* spp.).

En el capítulo XI (Lesiones del sistema tegumentario; punto 4) describió "*Acarus scabiei*" (*Sarcoptes scabiei*) macho y hembra y el depósito de sus huevos en las galerías observadas en biopsias de piel. También describió "*Acarus foliculorum*" (*Demodex foliculorum*) parasitando las glándulas sebáceas de la mejilla, frente y nariz.

Además, en tiempos de Cajal, los parásitos estaban relacionados con el cáncer. Se creía que los tumores tenían dos posibles orígenes. Por un lado, algunos profesores de anatomía patológica defendían un origen histogénico en el que las células tumorales eran células normales del tejido correspondiente, pero fuera de control; mientras que otros defendían la teoría parasitaria. Ésta afirmaba que el cáncer se originaba por parásitos que colonizaban el organismo. El médico escocés William Russell (1852-1940), en 1890, encontró partículas que se teñían con fuscina en los cortes histológicos de los tumores. Él interpretó que eran parásitos y los llamó cuerpos de Russell. Más tarde, Cajal demostró que los cuerpos de Russell no eran más que gránulos hipertrofiados de los mastocitos (Martínez *et al.*, 2005).

En 1887 ya se había fundado el instituto Pasteur y empezaron a crearse escuelas o institutos de medicina tropical en Liverpool (1898), Londres (1899) y Hamburgo (1900) para el estudio de las enfermedades parasitarias. Gracias a la iniciativa y al impulso de Cajal, España comenzó a modernizarse científicamente mediante la creación de la Junta de Ampliación de Estudios, de la que fue presidente desde que se creó en 1907. Ese mismo año, Cajal, siendo director del Instituto Nacional de Higiene Alfonso XIII, propuso la creación de la Sección de Parasitología y en 1910 la Cátedra de Parasitología y Patología Tropical en la Universidad Central de Madrid.

En 1909 Cajal propuso al presidente Antonio Maura realizar una expedición científica para el estudio de la enfermedad del sueño en las colonias españolas del golfo de Guinea. Esta expedición tenía una finalidad económica, ya que las colonias sufrían el azote continuo de esta enfermedad parasitaria, así como de la malaria y la disentería amebiana. El jefe de la Comisión científica fue el florentino Gustavo Pittaluga (experto en malaria y codescubridor del mosquito *Anophe-*

les como vector de *Plasmodium*). Luis Rodríguez Illera y Jorge Ramón Fañanás (1885-1938), hijo de Cajal, fueron participantes de la expedición (Corral-Corral y Quereda, 2012).

En conclusión, Cajal recopiló en sus tratados importantísimos conocimientos sobre parasitología, creó una sección específica en el Instituto de Higiene y una cátedra universitaria en la materia, promoviendo así el conocimiento de las enfermedades parasitarias y sentando las bases de la parasitología como ciencia en España.

Bibliografía

Callabed, J. (2019). *Una Mirada a Santiago Ramón y Cajal en su perfil humanista: discurso de ingreso en la Real Academia Europea de Doctores, como académico de número, en el acto de su recepción el 16 de enero de 2019.* Real Academia Europea de Doctores.

Corral-Corral, I., & Quereda Rodriguez-Navarro, C. (2012). Gustavo Pittaluga and the expedition to study sleeping sickness in the Spanish territories of the Gulf of Guinea (1909). *Revista de neurologia*, 54(1), 49–58.

Dibujo científico de Santiago Ramón y Cajal, ciclo completo de las formas parasitarias de *Plasmodium vivax*, parásito de la terciana (153x197 mm; tinta china negra). Santiago Ramón y Cajal. Depósito Legado Instituto Cajal. H4-Caja 45-Lámina 1645. Depositado para su custodia en el Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC. http://simurg.csic.es/view/9918477706904201

Gómez-Lus Centelles, M. L., & Ramos Tejera, M. C. (2006). *Santiago Ramón y Cajal: bacteriólogo* (J. Á. García Rodríguez, J. González Núñez, & J. Prieto Prieto, Eds.). Editorial Ars Medica.

Martínez, A., Marín, V. G., Junquera, S. R. Y. C., Martínez-Murillo, R., & Freire, M. (2005). The contributions of Santiago Ramón y Cajal to cancer research — 100 years on. *Nature Reviews. Cancer*, 5(11), 904–909. https://doi.org/10.1038/nrc1741

Martínez, E. P. (2023). Ramón y Cajal, "Un sabio de armas tomar". *Revista Española de Defensa*, año 36; (411), 60-61.

Ramón y Cajal, S. (1896). Manual de anatomía patológica general seguida de un resumen de microscopía aplicada á la histología y bacteriología patológicas. Imprenta y Librería de Nicolás Moya.

Santiago Ramón y Cajal: 150 años en la Universidad de Zaragoza (2019). Prensas de la Universidad de Zaragoza.

La Casa de Cajal

Alumno de 2.º de Educación Primaria del Colegio Marista Champagnat (Salamanca)

Profesora: Esther López

En la casa de Cajal podemos entrar todos. Es un lugar para aprender sobre ciencia. Es muy grande y siempre tiene cosas interesantes sobre los estudios de Santiago Ramón y Cajal. También se puede jugar al ajedrez y ver los dibujos que hizo de la neurona.



Dibujo que acompaña la redacción. El texto se transcribe del original manuscrito.

Santiago Ramón y Cajal era divulgador. Un aspecto que me gusta

Alumno de 3.º de ESO del Colegio Marista Champagnat (Salamanca)

Profesora: Alejandra Sánchez Moares

Hay muchas cosas que me gustan de este hombre tan importante en la historia de la ciencia, que es seguramente uno de mis favoritos. Una de ellas es la forma que tenía para darse a conocer, en un mundo donde no existían las redes sociales ni internet. Santiago Ramón y Cajal fue uno de los primeros divulgadores de ciencia en España. A lo mejor esa palabra no existía entonces, pero él ya lo era, apoyando además a otros que también investigaban.

Luchó mucho por sus investigaciones y porque salieran a la luz, que no era nada fácil en aquella época y lo consiguió… Lo consiguió tan bien que hoy en día se sigue hablando de él. Era bueno con las fotografías y con los dibujos. Eso le valió para dar a conocer mejor su trabajo. Creo que si hubiera vivido hoy habría usado Instagram, habría creado una web con todos sus descubrimientos y probablemente habría sido de los más seguidos en redes.

Utilizó todos los recursos que tuvo a su alcance, que no eran digitales, pero lograron difundir sus descubrimientos en las mejores publicaciones científicas del momento. Sabía además que era muy importante traducirlo a otros idiomas. Hoy habría disfrutado viendo sus trabajos en todos los países del mundo y traducidos a docenas de idiomas.

Yo, que soy alumno de educación secundaria, he tenido la suerte de poder ver en mi ciudad algunos de los dibujos que hacía Cajal

de las neuronas y las células de Purkinje, con todas esas dendritas. Imagino lo sorprendente que sería para un niño de aquellos tiempos ver estos esquemas de la neurona e imaginar lo que se veía por un microscopio. Para nosotros parece algo natural, porque hemos podido verlo en internet y en nuestros libros de texto, a todo color y en movimiento. No sería lo mismo para mí si no hubiera tenido esa oportunidad.

Como creo que les ha pasado a muchos de mis compañeros, hemos conocido a Cajal a través de nuestros padres y profesores. La ciencia debe ser cercana para todos, porque muchos de los descubrimientos de Cajal sirvieron de base para la Medicina de hoy. Conocer el cerebro, conocer cómo funcionaba la neurona y cómo se transmitían los impulsos, tiene algo de mágico y sorprendente. Si lo es para mí, en la Salamanca de hoy, ¿cómo sería para la gente que le rodeaba entonces? Seguimos conociendo poco del cerebro; estamos todavía avanzando poco a poco.

Hace falta mucho más que un programa de televisión que haga que la gente le vote. Necesitamos que se conozca su legado, lo que descubrió, y que se le reconozca como uno de los grandes hombres de la ciencia del siglo XX. Espero que algún día podamos estar orgullosos de un museo dedicado a Cajal, con todo lo que se conserva de su trabajo. Me gustaría que estuviera orientado hacia nosotros, los jóvenes. Un museo abierto, con actividades interactivas que entretengan a los más pequeños, pero con información interesante con aspectos de su vida y lo que descubrió para los mayores, y que además se renovara, incitando a volver a visitarlo.

Creo que esta sería una buena idea para dar a conocer más en su propio país a esta persona tan importante. Desde luego, yo siempre recomendaría a mis amigos ir. Tampoco me parece mala idea que hubiera una exposición itinerante que fuera por las ciudades, para que no tengas que ir hasta la ciudad en la que esté el museo para conocer más sobre él. También me imagino un museo virtual en redes sociales o en una web para que todo el mundo fuera de España también pueda saber de él. Hacer a Cajal universal es tarea de todos. Es una tarea compartida, con los profesores, las universidades, los colegios y los institutos, pero también tarea de cada uno de nosotros, incluso si eres de 3.º de la ESO.

Santiago Ramón y Cajal fue un luchador. Luchó por la ciencia y su país con perseverancia, sin rendirse nunca, con un firme ideal y unas ganas enormes de que saliera adelante. Por eso me parece que

tenemos mucha suerte de contar con un científico como él en nuestro país.

Es un ejemplo. Es leyenda.

De Ramón y Cajal a ChatGPT: cómo la investigación de este ilustre científico dio paso a la revolución de la IA

Carla Marcos Vázquez

2.º de Bachillerato de Investigación y Excelencia, IES Vaguada de la Palma (Salamanca). Profesora: María Carnicero González

Santiago Ramón y Cajal fue, y sigue siendo, uno de los científicos más importantes no solo de la historia de nuestro país, sino de toda la ciencia moderna a nivel global. Su principal aportación fue la «teoría neuronal», donde identifica a la neurona como unidad funcional de nuestro cerebro, frente a la teoría reticular de Golgi imperante entre los científicos del momento (por sus grandes aportaciones, ambos compartirían el premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1906, pese a sus posturas diferentes). Además, Cajal teorizó sobre la forma de unión entre las neuronas, por contacto o sinapsis y no por continuidad como se pensaba; también adelantó cómo era la forma de propagación del impulso nervioso y su explicación mediante la polarización neuronal dinámica. Esto sería equivalente al *on*/*off* de los diodos semiconductores (bit) que son la base del procesamiento artificial. Intuyó asimismo los procesos de plasticidad neuronal y neurotropismo, al defender que las neuronas no son entes estáticos, sino que tienen capacidad de adaptar su morfología a las necesidades funcionales. Estos aspectos son hoy el centro de muchas de las investigaciones neurocientíficas, y con seguridad serán la base de la neurología del futuro.

Ahondando más en la similitud entre las neuronas biológicas y

sus contrapartes artificiales, sus estructuras mantienen una similitud impresionante (fig. 1), ya que las segundas se basan en el funcionamiento de las primeras, inspirándose y tratando de imitar la forma en que nuestro cerebro toma y procesa los datos, aprendiendo en el proceso según el error cometido.

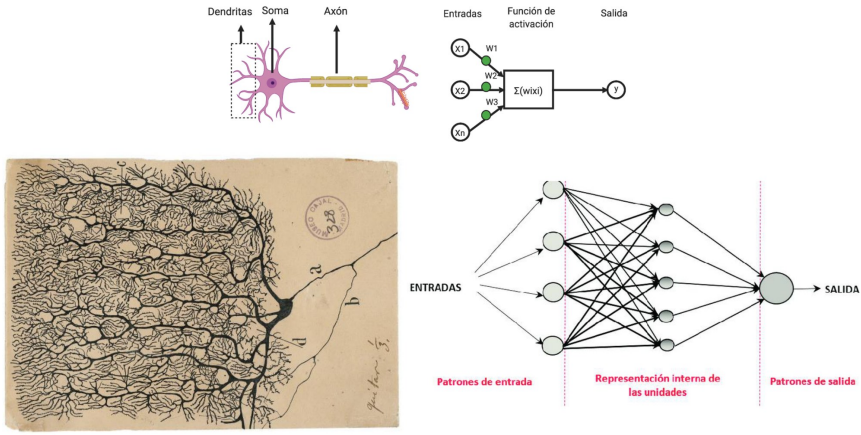


Figura 1. Similitud entre neuronas (células de Purkinje) y redes neuronales artificiales. Las células de Purkinje son las principales neuronas de la corteza cerebelosa, caracterizadas por su extensa ramificación.

Estas redes neuronales artificiales forman parte de la disciplina científica denominada «Inteligencia Artificial» (IA), que busca replicar la inteligencia humana utilizando algoritmos matemáticos. Hoy en día estas redes se han vuelto reconocidas mundialmente debido al impacto de modelos como ChatGPT o Llama 2. Las impresionantes capacidades de estos sistemas, entrenados con billones de datos, han hecho a la población general asumir una posición de desconfianza e, incluso, temor frente a estas novedades. Pero este pánico a caer bajo el yugo de la IA no es distinto a aquel que debieron tener en su momento los cavernícolas al ver por primera vez el fuego, o los científicos decimonónicos cuando observaron por primera vez la electricidad en funcionamiento. Con el tiempo, aprendimos a dominar ambos fenómenos, lo que impulsó a la humanidad a una nueva era de progreso y bienestar. Debemos superar nuestra reticencia ante estas novedades, ya que, si no, otros países como Estados Unidos o los Dragones Asiáticos, con menos escrúpulos, nos tomarán la delantera, y podrán dejarnos fuera de juego e indefensos en este nuevo periodo al que nos vemos abocados. Debemos tomar las riendas de

nuestro futuro, legislando movidos por la razón y no por el pavor ante un dudoso futuro apocalíptico dominado por robots. Si no, los que nos acabarán avasallando serán amenazas de carácter más real, como las grandes compañías tecnológicas actuales, que ya cuentan con más información sobre nosotros que cualquier gobierno.

Es comprensible temerle a lo desconocido, pero el progreso es imparable y la mejor forma de no acobardarse ante este es la investigación e informarse sobre la materia. Solo así podremos dirimir cuál sería la manera adecuada de desarrollar estos sistemas y cómo lidiar con los posibles malos usos que de estos pueda hacerse.

Por si les consuela y les ayuda a lidiar con esta nueva realidad que se acerca, o ya está aquí, debo remarcar que, si nos adentramos en su funcionamiento, descubriremos que no debemos temer a estas IA, ya que, a pesar de su posible complejidad, estas redes funcionan en el fondo con algoritmos matemáticos muy simples, como son los sumatorios que ponderan los datos de entrada en cada neurona (x_i) y sus pesos asociados (w_i), junto a un valor sesgo (b) que indica la predisposición de esa neurona a lanzar ciertos valores:

$$\sum_{i=0}^{d} w_i x_i + b \in \mathbb{R}$$

Al resultado de esta suma se le podrá aplicar una «función de activación» que acote o modifique el valor de salida. Por ejemplo, las funciones signo o sigmoide (fig. 2).

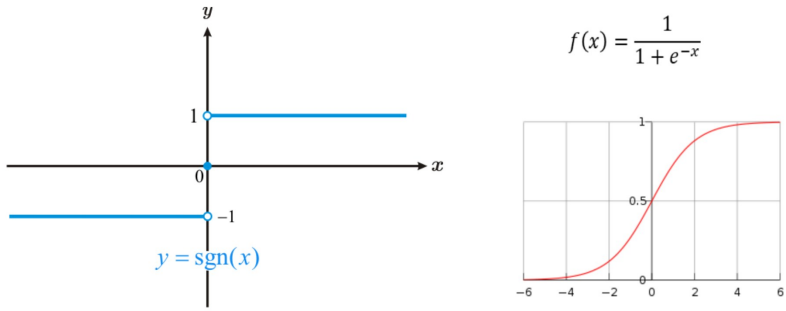


Figura 2. Función signo y función sigmoide. La función sigmoide es especialmente utilizada en redes neuronales destinadas a la predicción de probabilidades, ya que acota los valores obtenidos entre 0 y 1.

Realmente, sin una interacción humana que les aporte conjuntos de datos y *feedback* que permita su progreso, estas «inteligencias» son

más bien poco avispadas.

Yo misma he realizado una aproximación a este campo de investigación para acallar cualquier posible miedo o duda en mi mente. Para ello realicé un trabajo de investigación sobre estas redes neuronales artificiales en colaboración con un tutor de la Universidad de Salamanca, el catedrático de Matemáticas Ángel Martín del Rey, quien me introdujo por primera vez a este apasionante mundo de la inteligencia artificial y la forma en que estas máquinas procesan los datos, siempre bajo las premisas de los algoritmos matemáticos. Es decir, comencé a comprender el lenguaje de las máquinas, que no es otro que el más universal de los lenguajes, el matemático.

Es por ello que estoy convencida de que aún estamos muy lejos de crear el próximo Terminator que acabe con nuestra especie, pero sí podemos utilizar las redes artificiales actuales para otros cometidos, como por ejemplo la detección precoz del melanoma, cuya mortalidad asciende de un 1 % en fases tempranas a un 68 % en casos de metástasis. De esto mismo iba mi proyecto, en el que programé desde cero una red neuronal y una aplicación para utilizarla, permitiendo a cualquier usuario sin conocimientos médicos clasificar imágenes de sus lesiones pigmentadas de forma inmediata con un 81 % de precisión. Esto, por supuesto, no puede sustituir la labor de un dermatólogo, pero sí resulta una herramienta extremadamente útil, similar al famoso test ABCD de autodetección utilizado hoy en día.

Todo este progreso no podría haber sido posible sin la aportación inicial de un genio como fue Santiago Ramón y Cajal, quien abrió una ventana que ha permitido al ser humano adentrarse en las entrañas del pensamiento. Si bien esto puede llevarnos a un peligroso reduccionismo a la biología, también nos ha servido para abrir camino hacia estas nuevas tecnologías, arrojando luz a su paso sobre los muchos misterios de nuestro cerebro y su funcionamiento. Como último y definitivo homenaje a Cajal, dejo a disposición de todos los interesados esta herramienta que he desarrollado (fig. 3).

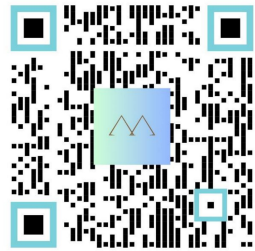


Figura 3. QR hacia el GitHub del proyecto MelAdvisor. En esta página se encuentra la descarga de la app, llamada MelAdvisor, así como más información sobre su futuro desarrollo y funcionamiento.

Cajal y la Inteligencia Artificial

José Antonio Hernández de la Moya

La Inteligencia Artificial (IA), con sus redes neuronales y modelos de aprendizajes profundos, ha sido profundamente influenciada por los estudios innovadores en el campo de la neurociencia. Dentro de esta gran hazaña científica, la contribución de Santiago Ramón y Cajal y su discípulo, Rafael Lorente de Nó resulta fundamental. Sus investigaciones sobre la estructura y el funcionamiento del sistema nervioso, no solo transformaron la biología y la medicina, sino que también sentaron las bases de la cibernética, influyendo en el desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) moderna.

Como explicó Fernando de Castro Soubriet, científico titular del CSIC y jefe del Grupo de Neurobiología del Desarrollo-GNDe, del Instituto Cajal, durante la conferencia *La Neurociencia en el siglo XXI: de Cajal al conectoma humano y la Inteligencia Artificial*, impartida en el año 2023, en el Instituto Cervantes de Bruselas:

> *Hace poco más de un siglo empezamos a conocer del cerebro. Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) irrumpió en el oscuro mundo reticularista para imponer la teoría celular también en el sistema nervioso de la mano de la Teoría Neuronal y otra serie de descubrimientos clave para que la moderna Neurociencia naciese como nueva disciplina. En cuanto pudo, Cajal generó una Escuela de discípulos que no sólo le ayudaron en su combate con los reticularistas, sino que también le permitieron descubrir dos de los tres tipos fundamentales de células gliales (Pío del Río-Hortega) o desarrollar la arquitectura cibernética de la que derivan nuestros ordenadores y la Inteligencia Artificial (Rafael Lorente de Nó), por citar sólo algunos de los ejemplos más llamativos.*

En efecto, Santiago Ramón y Cajal revolucionó la neurociencia al demostrar que las neuronas eran células individuales y no parte de una red continua, como se creía hasta entonces. Su teoría neuronal postulaba que estas células se comunican a través de conexiones especializadas, lo que permitió una comprensión estructurada de cómo se transmite la información en el cerebro.

El descubrimiento científico de Cajal que establece que el tejido cerebral está compuesto por células individuales, llamadas neuronas —unidades básicas del sistema nervioso— es la base para entender cómo funcionan los procesos de la Inteligencia Artificial (IA) desarrollados en la actualidad. Recordemos que los modelos de redes neuronales artificiales están basados en la idea de unidades individuales —neuronas artificiales— que se conectan en capas para procesar información de manera jerárquica, tal como Cajal sugirió en su estudio sobre la organización del sistema nervioso.

Ramón y Cajal demostró que las neuronas son células independientes que se comunican entre sí a través de conexiones especializadas llamadas sinapsis. Antes de su trabajo, sin embargo, se creía que el cerebro era una red continua de fibras nerviosas.

El discípulo de Cajal, Rafael Lorente de Nó, expandió este conocimiento con sus estudios sobre los circuitos neuronales y la retroalimentación dentro del sistema nervioso. Propuso que las neuronas no solo transmiten información de manera lineal, sino que pueden formar circuitos recurrentes que facilitan la memoria y el procesamiento de la información a largo plazo.

Este principio es crucial para comprender los procesos inherentes en la Inteligencia Artificial (IA), particularmente en el desarrollo de redes neuronales recurrentes (RNN) y transformadores como los que sustentan modelos avanzados de lenguaje, incluyendo GPT y otras arquitecturas de aprendizaje profundo. La idea de que una señal puede reforzarse y modificarse a través de interacciones múltiples dentro de un circuito es crucial en la modelización del aprendizaje y la predicción en la inteligencia artificial.

Las ideas de Cajal y Lorente de Nó fueron retomadas en la década de los 40 por figuras como Warren McCulloch y Walter Pitts, quienes diseñaron los primeros modelos computacionales basados en neuronas artificiales. Por su parte, Norbert Wiener, considerado padre de la cibernética, también se apoyó en estos conceptos para desarrollar sus teorías sobre el control y la comunicación en organismos vivos y máquinas, un puente esencial hacia la moderna Inteligencia Artifi-

cial (IA).

En el magistral artículo *The Importance of Cajal's and Lorente de Nó's Neuroscience to the Birth of Cybernetics* («La importancia de la neurociencia de Cajal y Lorente de Nó en el nacimiento de la cibernética»), firmado por los científicos Juan Manuel Espinosa-Sánchez, Alex Gómez-Marín y Fernando de Castro en *The Neuroscientist* («History of Neuroscience»), leemos:

> *Los inicios de la cibernética estuvieron marcados por la publicación de dos artículos en 1943. En el primero, Rosenblueth, Wiener y Bigelow afirmaban que el comportamiento intencional es un proceso circular controlado por retroalimentación negativa. En el segundo artículo, McCulloch y Pitts propusieron que las neuronas están interconectadas y funcionan como operadores lógicos.*
>
> *Ambos artículos planteaban analogías hombre-máquina y formulaban matemáticamente mecanismos cognitivos. Estas ideas despertaron el interés de von Neumann, que estaba desarrollando el primer ordenador con programa almacenado. Así, tras una reunión preliminar en 1945, se celebraron una serie de reuniones entre 1946 y 1953. El papel del neurofisiólogo español Rafael Lorente de Nó en los inicios de la cibernética está atestiguado no sólo por su participación en los miembros principales de estas conferencias Macy, sino también por su descripción previa de circuitos reverberantes formados por una cadena cerrada de neuronas internunciales. Esta fue la primera demostración neurobiológica de un circuito de retroalimentación. Hasta entonces, la mayoría de los investigadores consideraban al sistema nervioso central como un mero órgano reflejo; sin embargo, demostró una actividad central autosostenida en el sistema nervioso, lo que respalda la idea de los mecanismos de autorregulación como un concepto clave no solo en las máquinas, sino también en el cerebro.*

Ciertamente, la Inteligencia Artificial (IA) se basa en principios que Cajal y Lorente de Nó ayudaron a definir, tales como: los conceptos de redes interconectadas, la plasticidad neuronal —fundamento del aprendizaje automático— y la retroalimentación en los sistemas de procesamiento de datos.

Ciertamente, los modelos como las redes neuronales profundas —*deep learning*— y los sistemas de optimización de redes deben su existencia, en gran medida, a la comprensión estructural y funcional del cerebro que Cajal y Lorente de Nó proporcionaron. Por lo tanto, podemos afirmar que la Inteligencia Artificial (IA) moderna no es solo el resultado de avances tecnológicos recientes, sino también de una historia de descubrimientos en el campo de la neurociencia.

Santiago Ramón y Cajal y Rafael Lorente de Nó, con su trabajo sobre la estructura y la dinámica neuronal, sentaron las bases para el desarrollo de redes neuronales artificiales y sistemas de aprendizaje automático. Su legado perdura en cada algoritmo que hoy intenta emular la inteligencia humana, demostrando que las ciencias biológicas y la computación están intrínsecamente ligadas. **Así que la conexión española en el nacimiento de la cibernética sigue viva en la revolución de la Inteligencia Artificial (IA).**

Precisamente, en las conclusiones del artículo citado, *The Importance of Cajal's and Lorente de Nó's Neuroscience to the Birth of Cybernetics*, se dictamina:

> *Nuestra vida cotidiana actual depende cada vez más de los ordenadores, y nuestras sociedades se están viendo abrumadas por la irrupción de la IA basada en ordenadores. Estos algoritmos utilizan álgebra de Boole, minimizando la pérdida de tiempo en el cálculo y la transmisión de información. La neurociencia tuvo un papel importante en el nacimiento de la cibernética: los datos anatómico-fisiológicos sobre el SNC utilizados para el diseño de máquinas de computación se deben a Cajal; sin embargo, la relevancia de su discípulo directo Lorente de Nó (1933, 1938a) fue más avanzada y decisiva, ya que fue el primero en describir circuitos reverberantes (Fig. 6). En la década de 1970, se aportaron datos adicionales a partir de los trabajos de Barlow, Shepherd, Széntagothai y Eccles (Barlow 1972; Eccles 1984; Shepherd 1975; Széntagothai 1975). De hecho, el caso de Lorente fue la primera demostración neurobiológica de un bucle de retroalimentación. Nuestro trabajo actual es un ensayo para reparar la «conexión cibernética española» no tratada e incluso olvidada.*

Para mayor abundamiento, como nos ha explicado recientemente el catedrático de Inteligencia Artificial en la Facultad de Informática de la Universidad Pontificia de Salamanca, Manuel Martín-Merino Acera, en su clarificador artículo *La influencia de Ramón y Cajal en la Inteligencia Artificial moderna*, publicado en el blog *Santiago Ramón y Cajal*:

> *Existe una directa conexión entre los descubrimientos de Ramón y Cajal, que sentaron las bases de la neurociencia, con el comienzo y desarrollo de la Inteligencia Artificial.*

Y es que, efectivamente, como apostilla el profesor Martín-Merino en este citado artículo:

Utilizando la idea de que una neurona biológica recibe impulsos eléctricos procedentes de otras neuronas a través de conexiones llamadas sinapsis y que dichos impulsos se modulan según unos pesos que pueden modificarse durante el aprendizaje, se formuló el primer modelo matemático que constituyó la base de las redes neuronales artificiales modernas.

II Premio D. Santiago Ramón y Cajal y la Parasitología, ex aequo · SOCEPA · 2025

Cajal y los parásitos: ¿quién domestica a quién?

Lucía Román Álamo

Aprendiz de zapatero cuyos modelos destacaron en tan solo un año de oficio, pintor de un detalle y una creatividad ensalzables, ajedrecista destacado, deportista, políglota, fotógrafo que mejoró las técnicas de fotografía y revelado de su época, experto en tinciones microscópicas, médico, histólogo. Además, en 1906, Santiago Ramón y Cajal ganó el Premio Nobel de Medicina por haber contribuido tan notablemente al avance de la neurociencia, de la que se le considera el padre (Eduardo Punset, 2010). Ramón y Cajal (1852-1934) también tenía una faceta literaria. A pesar de estar especializado en histología y anatomía patológica, no dudó en plasmar en papel sus opiniones sobre diversos temas como la venganza, los celos, la amistad, el odio, el amor o la muerte. En su libro *Reglas y consejos sobre investigación científica*, se encargó de dejar por escrito recomendaciones y consejos para futuros científicos y, de hecho, esta lectura tendría que ser obligada para cualquier persona que se dedique a la investigación científica. Ramón y Cajal fue, a todas luces, un genio con un cerebro privilegiado que acompañó con altas dosis de perseverancia, tenacidad, perfeccionismo... lo cual desembocó en uno de los dos únicos españoles que ha recibido el Premio Nobel en el ámbito científico, y a quien el otro Nobel español, Severo Ochoa, considera el mejor científico español de todos los tiempos (Ramón y Cajal, 2011).

Para comenzar a hablar sobre la relación entre Cajal y la parasitología, partiré de esta reflexión, sacada del libro *Aforismos y charlas*

de café, escrito por él mismo: "La lucha milenaria entre el microbio y el hombre se reduce a esta sencilla cuestión: ¿quién domestica a quién?" (Ramón y Cajal, 2016). Me parece un buen punto de partida para este ensayo porque Cajal, además de haber padecido diversas enfermedades infecciosas a lo largo de su vida, realizó importantes contribuciones a su investigación, tratamiento y prevención. Por ello, es posible imaginar que esta pregunta debió atravesar sus neuronas o sus "mariposas del alma", como él mismo las llamaba.

La malaria fue una de las enfermedades que Cajal vivió en su propio cuerpo. En 1873, tras aprobar unas oposiciones de Sanidad Militar, fue destinado a Cuba, donde contrajo la enfermedad de forma grave, lo que finalmente lo obligó a regresar a España. Cinco años más tarde, en 1878, estaba jugando al ajedrez cuando sospechó lo que luego se confirmó: la mancha de sangre que observó aquel día era el primer signo de la tuberculosis que había contraído. Es posible que estas experiencias exacerbaran su interés por la parasitología y la microbiología, ya que tuvo la oportunidad de experimentar en su propio cuerpo los estragos que estas devastadoras enfermedades causan en los seres humanos (Aguilar Alfaro & et al., 2006).

El gran conocimiento y dominio de Cajal acerca de las enfermedades infecciosas queda plasmado en el *Manual de anatomía patológica general y fundamentos de bacteriología*. Este manual está escrito en base a los últimos descubrimientos científicos, citando a fuentes tan importantes como Golgi, Koch, Ronald Ross... Esto refleja una de las principales preocupaciones de Cajal: la importancia de que España se mantuviera al día con los últimos avances en investigación científica. En el prólogo de este manual, Cajal señala la existencia de otros libros, aunque los considera desactualizados. De hecho, destaca que la edición de 1905, ya la cuarta, incorpora los progresos más recientes desde la versión anterior, evidenciando su compromiso con la difusión del conocimiento más actualizado. Entre los parásitos que describe, se encuentran los parásitos de la sangre, donde encontramos los ciclos de vida asexual de *Plasmodium malariae* y *Plasmodium vivax*. En el caso de *P. vivax*, se incluye también el ciclo del parásito en el mosquito, acompañado de dibujos esquemáticos elaborados con gran precisión y detalle. Además, se presentan imágenes y descripciones para distinguir al género *Anopheles* de otros, como *Culex*. Ofrece información detallada sobre la tuberculosis y el bacilo de Koch; los Tripanosomas, concretamente *T. castellani* y su relación con la enfermedad del sueño. También describe *Distoma hematobium* que

parece corresponder a la actual *Fasciola hepatica*, y *Filaria sanguinis hominis*, alguno de los nematodos que producen las filariasis linfáticas. También le dedica un capítulo entero al cólera, describe parásitos intestinales, como la tenia, así como lesiones del sistema tegumentario producidas por parásitos, como la tiña favosa. Además, resulta fascinante que, más de un siglo después, las medidas antipalúdicas recomendadas en este manual sigan siendo válidas. Basándose en estudios previos, Cajal afirmaba con contundencia que "el valor profiláctico del uso de mosquiteros estaba fuera de toda duda", en una época en la que la malaria era endémica en España (Ramón y Cajal, 1905). De hecho, cuando Ronald Ross en 1897 confirmó que eran los mosquitos del género *Anopheles* los que transmiten la malaria, Cajal se sorprendió de lo terrible que es la ignorancia y de cuántas vidas podrían haberse salvado si se hubieran usado mosquiteras o se hubieran limpiado las charcas cercanas a las viviendas de las larvas de este mosquito. Aquí se puede apreciar su interés por la mejora de la salud pública. Más allá de la investigación básica que Cajal desarrollaba en su laboratorio, Santiago ayudó en la implementación de herramientas de prevención y en la toma de decisiones para abogar por una mejora del bienestar social. Prueba de ello fue la epidemia de cólera de 1885 en España, cuando le pidieron a Cajal que estudiara la eficacia de la vacuna contra el cólera que se estaba empleando en España. La vacuna de Ferrán consistía en un inóculo de bacterias de *Vibrio cholerae* atenuadas. Tras una ardua investigación decretó que la vacuna no era eficaz y propuso la inoculación de bacterias muertas por calor, lo cual fue revolucionario, aunque ya había más investigadores proponiendo la inoculación de microorganismos no vivos en otras partes del mundo. En agradecimiento por sus aportaciones durante la epidemia de cólera, la Diputación de Zaragoza le regaló un microscopio Zeiss y Cajal se preguntó si quizá tendría que haber cambiado la célula por el microbio. Siguió siendo una pieza clave en la siguiente epidemia de cólera de 1905 y siempre siguió vinculado con las enfermedades infecciosas porque fue el director del Instituto Nacional de Higiene Alfonso XIII hasta 1920. Además, Cajal consiguió que se estableciera un laboratorio básico en el golfo de Guinea para poder estudiar qué enfermedades tropicales eran las más prevalentes y así poder combatirlas con mayor éxito (Aguilar Alfaro & et al., 2006; López-Muñoz, 2021).

Tras destacar las múltiples facetas de Cajal, resulta relevante mencionar sus escritos firmados bajo el seudónimo *Dr. Bacteria*. En ellos,

vuelve a evidenciarse su interés constante por el mundo microscópico. En sus textos, utilizaba los parásitos como metáfora para explicar diversos problemas sociales, combinando su conocimiento científico con una aguda crítica y una original visión literaria. Un ejemplo de esto es el escrito donde apuntaba que *Trypanosoma castellani* mantenía adormecida a la juventud española, en referencia a la enfermedad del sueño producida por *Trypanosoma brucei* (Aguilar Alfaro & et al., 2006).

Para concluir este ensayo, citaré una frase de Santiago Ramón y Cajal, cuya precisión y creatividad reflejan dos cualidades que, sin duda, definían su personalidad y su legado científico: "Una severa autocrítica constituye el más preciado don del pensador. Nada de embriagarse con el propio vino, bueno o malo. No imitemos la credulidad confiada de la gallinácea, que incuba con la misma formalidad un huevo fecundo que un huevo de mármol."

Referencias

Aguilar Alfaro, L., & et al. (2006). *Santiago Ramón y Cajal bacteriólogo* (Ars Medica, Ed.).

Eduardo Punset. (2010, enero 29). *Redes - Redes y neuronas: Homenaje a Ramón y Cajal* [Emisión]. RTVE.

López-Muñoz, F. (2021). La vivencia militar de Santiago Ramón y Cajal en Cuba: capitán médico en Camagüey. *Humanidades Médicas*, *21*(2), 543-572.

Ramón y Cajal, S. (1905). *Manual de anatomía patológica general y fundamentos de bacteriología* (N. Moya, Ed.).

Ramón y Cajal, S. (2011). *Reglas y consejos sobre investigación científica: tónicos de la voluntad*. Austral.

Ramón y Cajal, Santiago. (2016). *Aforismos y charlas de café*. Renacimiento.

II Premio D. Santiago Ramón y Cajal y la Parasitología, ex aequo · SOCEPA · 2025

Cajal, los parásitos invisibles y la autoinmunidad: una sinfonía de ciencia y arte

Carolina Hurtado Marcos

Santiago Ramón y Cajal, el padre de la neurociencia moderna, no solo revolucionó el estudio del sistema nervioso con sus descubrimientos, sino que también dejó un legado artístico incomparable. Su capacidad para plasmar la complejidad neuronal en dibujos de una belleza casi poética no solo ilustró la estructura del cerebro, sino que también permitió vislumbrar la fragilidad de este ante agresiones. Esta reflexión explora cómo los hallazgos de Cajal pueden relacionarse con la neuroinmunología, en particular con la Esclerosis Múltiple (EM), y cómo ciertos parásitos, como Microsporidios, *Acanthamoeba* o *Toxoplasma gondii*, podrían desempeñar un papel en su desencadenamiento.

Cajal y la neuroinflamación: el preludio de la autoinmunidad

En su obra *Degeneración y regeneración del sistema nervioso* (1913-1914), Santiago Ramón y Cajal estudió con extraordinaria precisión las alteraciones celulares que acompañan a la lesión nerviosa y los procesos de reparación del tejido neural. Entre sus observaciones describió fenómenos de reacción y proliferación glial, incluyendo las características "células en bastoncillo", hoy consideradas parte de las transformaciones morfológicas asociadas a la activación microglial. Sin embargo, en aquel momento la microglía todavía no había sido reconocida como una población celular independiente; esta distinción sería establecida en 1919 por Pío del Río-Hortega mediante el estudio del denominado "tercer elemento" del sistema nervioso.

Las observaciones de Cajal sobre la respuesta del tejido nervioso

frente a la degeneración constituyeron un antecedente fundamental para la comprensión moderna de la neuroinflamación, aunque su interpretación original se desarrolló antes de que se conocieran las funciones inmunológicas de las células gliales. En enfermedades actuales como la esclerosis múltiple, la interacción entre linfocitos infiltrantes y células residentes del sistema nervioso central, incluida la microglía, participa en procesos de inflamación, desmielinización y daño neuronal. Estos mecanismos contemporáneos pueden relacionarse, desde una perspectiva histórica y conceptual, con los patrones de degeneración y reparación que Cajal documentó mediante sus preparaciones histológicas e ilustraciones.

Esta visión ya se gestaba en *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (1899-1904), donde Cajal describió con detalle la organización de la neuroglía y sus modificaciones asociadas a procesos patológicos. Estas observaciones constituyeron una base histológica sobre la que, años más tarde, profundizaría en sus estudios sobre degeneración y regeneración nerviosa, describiendo la respuesta glial frente a la lesión. Tales fenómenos se integran hoy en el concepto de neuroinflamación y resultan especialmente relevantes en enfermedades neuroinmunológicas como la esclerosis múltiple, en las que la activación coordinada de células gliales y del sistema inmunitario contribuye al daño tisular.

Además, Cajal fue pionero en la interpretación de la capacidad de las neuronas para adaptar su morfología en respuesta a las necesidades funcionales, concepto conocido como plasticidad neuronal. Actualmente, este principio es fundamental en el desarrollo de nuevas terapias para enfermedades autoinmunes (Ksiazek-Winiarek, 2015).

En su autobiografía *Recuerdos de mi vida* (1923), presenta casos clínicos y reflexiona sobre la medicina de su época. Aquí introduce el concepto de "lesiones invisibles" en el cerebro. Asimismo, muestra interés en las enfermedades del sistema nervioso sin causa aparente, algo que podríamos relacionar con la autoinmunidad.

Parásitos y autoinmunidad: el desencadenante invisible

Cada vez hay más evidencia de que ciertos microorganismos pueden desencadenar enfermedades autoinmunes a través de mecanismos como el mimetismo molecular y activación inmunitaria descontrolada (Fujinami & Oldstone, 1989).

En su obra *Las neuronas en el cerebro enfermo* (1920), menciona los efectos patológicos de infecciones sobre el sistema nervioso, descri-

biendo cómo agentes externos pueden inducir procesos inflamatorios y neurodegenerativos. Aunque su conocimiento sobre parásitos era limitado, su observación de lesiones compatibles con infecciones resulta de gran relevancia para comprender cómo los patógenos pueden desencadenar autoinmunidad en el cerebro.

En el contexto que llevamos presentando hasta ahora, resulta crucial analizar microorganismos como Microsporidios, *Acanthamoeba* y *Toxoplasma gondii*. Estos parásitos, al infectar el sistema nervioso central e inducir autoinmunidad, se convierten en modelos de gran interés para la neuroinmunología.

En relación con la autoinmunidad, hemos seleccionado la EM por su conexión directa con la degeneración axonal estudiada por Cajal. En esta enfermedad autoinmune, autoanticuerpos —desarrollados por falta de tolerancia inmunitaria intrínseca o mimetismo molecular tras infecciones— atacan a la mielina, desprotegiendo las fibras nerviosas.

Los microsporidios son un grupo diverso de hongos parásitos intracelulares obligados que infectan a una amplia gama de hospedadores, incluyendo humanos. Estos patógenos pueden causar infecciones graves en personas con sistemas inmunitarios debilitados, incluyendo infecciones del SNC.

Estos parásitos intracelulares han sido detectados en muestras de pacientes con enfermedades autoinmunes del SNC, y su presencia en el organismo podría inducir una respuesta autoinmune a través de la activación descontrolada del sistema inmunitario (Didier & Weiss, 2011).

Acanthamoeba es un protozoo parásito que presenta una alta prevalencia y por tanto un elevado contacto con la población, considerado como emergente y que presenta un destacado tropismo positivo por el SNC, siendo el agente causal de la encefalitis granulomatosa amebiana. Diversos estudios la han asociado con el desarrollo de la EM (Massilamany, 2014).

En un reciente estudio comparativo, se compararon secuencias de la mielina humana (MBP) con la actina de los microsporidios y con el péptido NAD de Acanthamoeba, obteniéndose valores de homología superiores al 10% — más elevados que los registrados en algunos patógenos que ya han demostrado su implicación como inductores en otras enfermedades autoinmunes. En esta investigación también se analizó el suero de 95 pacientes con Esclerosis Múltiple, y la totalidad de los sueros de pacientes con EM analizados presentaron

anticuerpos que reconocían antígenos de la superficie de la espora de los microsporidios y antígenos de los trofozoítos de *Acanthamoeba* (Redondo, 2022).

El siguiente candidato es *Toxoplasma gondii*. La infección por este parásito es asintomática. Sin embargo, en pacientes inmunosuprimidos puede afectar a diversos órganos, incluyendo los ojos y el cerebro.

De manera similar a los parásitos anteriormente mencionados, *Toxoplasma gondii* se ha asociado con desregulación inmune en enfermedades como la EM y el lupus, favoreciendo estados inflamatorios crónicos en el cerebro (Meier, 2021).

Ciencia y arte: una representación visual de la autoinmunidad

Las neuronas de Cajal, con sus delicadas ramificaciones y organización precisa, representan la armonía del sistema nervioso. Pero ¿qué ocurre cuando esta armonía se rompe? Imaginemos sus dibujos, ahora distorsionados por infiltrados inmunitarios, axones interrumpidos y microglía hiperactiva rodeando estructuras de los parásitos mencionados o anticuerpos producidos tras la defensa de los mismos. Esta visión artística de la autoinmunidad podría ilustrar cómo agentes microscópicos pueden destruir la arquitectura neuronal con la misma precisión que un pincel alterando una obra maestra.

Conclusión

Los hallazgos de Cajal no solo sentaron las bases de la neurociencia, sino que también proporcionaron una perspectiva histológica para comprender enfermedades neuroinflamatorias. Hoy, al estudiar la interacción entre parásitos y autoinmunidad, podemos reinterpretar sus dibujos bajo una nueva luz: la del sistema nervioso como un campo de batalla donde la ciencia y el arte se entrelazan, revelando la fragilidad de la mente ante invasores invisibles.

Referencias

Didier, E. & Weiss, L. (2011). Microsporidiosis: current status. Emerging Infectious Diseases.

Fujinami, R., & Oldstone, M. (1989). Molecular mimicry. Cell.

Ksiazek-Winiarek (2015). The Functional and Molecular Background. Neural Plasticity.

Massilamany, C., et al. (2014). Acanthamoeba and multiple sclerosis. PLoS ONE.

Meier, J., et al. (2021). Toxoplasmosis and neuroinflammation. Frontiers in Immunology.

Ramón y Cajal, S. (1899-1904). Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados. Ed. Crítica 2016.

Ramón y Cajal, S. (1913). Degeneración y regeneración del sistema nervioso. Oxford U. Press 1991.

Ramón y Cajal, S. (1920). Las neuronas en el cerebro enfermo (conferencia recogida en El cerebro humano). Ed. Juventud 2021.

Ramón y Cajal, S. (1923). Recuerdos de mi vida. UAM Ed. 2017.

Redondo, F. (2022). Parásitos emergentes: Inductores de Autoinmunidad y Cáncer (Tesis Doctoral). USP CEU.

II Premio D. Santiago Ramón y Cajal y la Parasitología, mención especial · SOCEPA · 2025

La fuerza de un recuerdo

José Antonio Garrido Cárdenas

> *¡Cuán terrible es la ignorancia! Si por aquella época hubiéramos sabido que el vehículo exclusivo de la malaria es el mosquito, España habría salvado miles de infelices soldados, arrebatados por la caquexia palúdica en Cuba o en la Península.*
>
> *¿Quién podía sospecharlo?… Para evitar o limitar notablemente la hecatombe, habría bastado proteger nuestros camastros con simples mosquiteros o limpiar de larvas de* Anopheles *las vecinas charcas.*
>
> (S. Ramón y Cajal, 1923. *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*.)

En aquel junio de 1875, el barco luchaba contra las olas ansiosas por devorarlo. Mientras, los soldados, con la enfermedad grabada en sus rostros, aguardaban su destino. A cada poco, un cuerpo sin vida era arrojado al mar. La malaria y la disentería conformaban un cóctel definitivo. A pesar de eso, aunque Cajal había perdido mucho peso como consecuencia de la malaria, las condiciones higiénicas a bordo eran infinitamente mejores que las que había tenido que sufrir en el frente, así que empezaba a recuperar las fuerzas. Poco quedaba del cuerpo musculoso que había cultivado en su primera juventud, y sabía que la sombra de Cuba lo perseguiría siempre, pero, al menos, volvía el ánimo y la salud, al tiempo que desaparecía la fiebre. La travesía comenzaba a recuperar al hombre que catorce meses atrás había llegado a la isla que ahora abandonaba, y él sabía que ya nunca sería el mismo. "*Cada una de estas muertes es una herida para mí*", le había dicho un oficial al que había conocido a su llegada a Cuba; una frase que ahora hacía suya.

Veintisiete años después de aquel viaje, Cajal era capaz de recordar con espantosa nitidez cómo el sonido seco de los cadáveres al golpear la superficie del océano se quedaba suspendido unos segundos en el aire, sujeto de unos hilos invisibles. El viaje de vuelta a España tuvo el sabor de la derrota y la muerte, y seguía atormentándole noche tras noche. Y lo hizo también aquel domingo de octubre del año de 1902, un día después de haber leído en el periódico que el Instituto Karolinska de Suecia había concedido el Premio Nobel de Fisiología y Medicina al británico Ronald Ross.

Ross, como él, había desarrollado parte de su carrera como médico militar ocupado en el marco de las políticas sanitarias coloniales, abordando aspectos como los saneamientos en el campo militar y el control de las enfermedades infecciosas. Cajal en el contexto español, en Cuba, y Ross en el Imperio Británico, en la India. Por eso, aquella mañana, al despertar, volvió a acordarse del viaje de regreso a España en barco.

El padre de Ronald Ross, un militar de alto rango, había llegado a la India en la expansión del Imperio Británico, así que el nacimiento de Ronald en el continente asiático siempre fue para él poco más que un accidente. Estudió medicina sin demasiada convicción, y coqueteó con el arte, la literatura y los ambientes más progresistas del país hasta que a los treinta años encontró en la microbiología una vocación que, en realidad, nunca había buscado. Apenas diez años después ya había formulado la teoría que le valdría el máximo galardón de la academia sueca. Por entonces, el factor aceptado como transmisor de la malaria era la ingesta de agua no potable. Pero Ross revolucionó la ciencia al observar al microscopio el estómago de mosquitos que habían succionado sangre de enfermos de malaria, e identificar ciertas formas que relacionó con el protozoo parásito responsable de la enfermedad. Estaba dando un vuelco a lo que se asumía como cierto en torno a la enfermedad que más muertes había provocado a lo largo de la historia.

La hipótesis del mosquito como transmisor de la malaria fue establecida por Ross en el año 1897, y no tardó en ser aceptada en el ámbito académico. Dos años después, Ross se había instalado ya en Inglaterra, y su trabajo estaba centrado en la prevención de la enfermedad y su epidemiología. Ross era un científico empírico e intuitivo, ambas características heredadas de su bohemia juventud, y para él, lo importante era actuar; cuestiones como determinar las especies de mosquitos implicados en el proceso de transmisión era una

cuestión secundaria.

Sin embargo, hoy sabemos que la malaria se propaga debido a la existencia de diferentes especies de mosquitos del género *Anopheles*, repartidos ampliamente por todo el planeta, sobre todo por regiones tropicales y subtropicales. Y que el desarrollo de estos insectos, además del de los parásitos en su interior, está influido de manera definitiva por la temperatura. A mayores temperaturas, más favorables son las condiciones para la supervivencia del mosquito y el desarrollo del protozoo. También sabemos que son apenas cincuenta las especies del género *Anopheles* capaces de transmitir la malaria en humanos, de las miles y miles de especies de mosquitos conocidas. Es decir, solo unas pocas especies de vectores son óptimas para que los parásitos se multipliquen y desarrollen en su interior. Y al precisar el vector, lo que Ross estaba poniendo de manifiesto era que sin este no habría transmisión de la enfermedad. Dicho de otra forma, comprendió que acabar con el mosquito conseguía romper el ciclo del parásito, y detener la transmisión de la malaria.

Cajal supo entenderlo en cuanto conoció sus estudios, como supo anticipar lo que vendría después. El uso de mosquiteras impregnadas con insecticida se ha convertido en una de las medidas más efectivas en la lucha contra la malaria a lo largo de todo el siglo XX y lo que llevamos del XXI. Por eso lamentaba aquella mañana la ignorancia que, como una venda, no le había permitido interpretar de manera adecuada la transmisión de la enfermedad en su paso por la isla cubana. ¡Cuántas vidas habría podido salvar!, se lamentaba.

Pero había otra cuestión que los acercaba. Ronald Ross utilizó técnicas histológicas derivadas de los métodos de Golgi para estudiar el parásito, lo que le permitió rastrear su ciclo en el vector. Las innovaciones en tinciones histológicas desarrolladas por Golgi —las mismas que después perfeccionaría Cajal— influyeron directamente en los métodos microscópicos que empleó el científico británico. Pero esto lo supo el de Petilla de Aragón mucho después. Después incluso de recibir el Premio Nobel cuatro años después que Ross.

Los cuerpos abandonados en el mar en su viaje de regreso a España siguieron golpeando en su conciencia durante toda la vida. Quizá por eso su compromiso con la ciencia y con el conocimiento, como vehículo único de salvación, estarían presentes en el científico español con la misma fuerza que aquel recuerdo.

Referencias

Bynum, W. F. (1999). *Ronald Ross and the malaria-mosquito cycle*. Parassitologia, 41(1-3), 49-52.

López-Muñoz, F. (2021). *La vivencia militar de Santiago Ramón y Cajal en Cuba: capitán médico en Camagüey*. Humanidades Médicas, 21(2), 543-572.

Mesa Valle, C. M. y Garrido Cardenas, J. A. (2023). *Parásitos. Los actores secundarios en nuestra historia*. Editorial Pinolia.

Nye, E.R.; Gibson, M.E. (1997). *Ronald Ross: Malariologist and Polymath. A Biography.* Basingstoke, England, MacMillan.

Vega Jiménez, J. (2014). *Don Santiago Felipe Ramón y Cajal y la medicina militar, vínculos con Cuba*. Revista Cubana de Medicina Militar, 43(4), 555-569.

Santiago Ramón y Cajal. La génesis de su primer texto docente de Histología

Fernando Campos Sánchez y Jesús Chato Astrain

Fernando Campos Sánchez y Jesús Chato Astrain han contribuido de manera equitativa en la búsqueda de información y en la redacción del manuscrito.

La histología es la rama del saber que se ocupa de la investigación y del conocimiento de los tejidos que conforman la estructura de los seres vivos; una ciencia estrictamente vinculada al desarrollo del microscopio, como instrumento amplificante, y al de las técnicas micrográficas, destinadas a la preparación y/o tinción de los tejidos, que hacen posible la observación y el estudio de los mismos.

El impulso y el desarrollo de la histología en España tuvo lugar en la segunda mitad del siglo XIX. Su artífice y promotor fue el catedrático granadino D. Aureliano Maestre de San Juan. Tras ocupar la primera cátedra de Histología en la Facultad de Medicina de Madrid, en 1873, imparte, primero, dicha materia en el doctorado y con posterioridad, a partir de 1886, también en la licenciatura, coincidiendo con la creación de cátedras de histología en todas las facultades de medicina existentes en España y la inclusión de la materia como asignatura obligatoria en el plan de estudios. Los dos primeros libros de histología publicados como textos docentes fueron también obra de D. Aureliano Maestre de San Juan. Se trata de los tratados de *Anatomía General* y de *Histología Normal y Patológica*, que fueron publicados en 1872 y en 1879 respectivamente; unos textos que, a todos los efectos, constituyen el punto de partida en el ámbito educativo de la formación histológica en España.

Al laboratorio de la cátedra de Maestre de San Juan, es al que, como alumno de doctorado, acude en 1877 Santiago Ramón y Ca-

jal. Y es en dicho laboratorio, bajo la tutela y la influencia de D. Aureliano, donde va a tener lugar, según Pedro Laín, la trascendental transmutación en histólogo del que hasta entonces era tan solo un joven anatomista sin rumbo.

En 1883 Cajal alcanza por oposición, tras dos fracasos anteriores, la cátedra de Anatomía de Valencia y en 1887 la de Histología, de nueva creación, en Barcelona. En sus años de Valencia y tras reafirmar su vocación histológica —periodo en el que la histología solo se impartía en Madrid—, decide elaborar y escribir el que sería su primer libro de texto de histología destinado a la docencia, un libro que publica primero en siete sucesivos cuadernos o fascículos, entre mayo de 1884 y abril de 1888, y finalmente como libro completo en 1889 con el título de *Manual de Histología Normal y Técnica Micrográfica*, un libro que fue editado en Valencia por la librería de Pascual Aguilar e impreso en la imprenta de José Ortega.

En la génesis del primer libro docente de Cajal distinguiremos tres apartados: la motivación para llevarlo a cabo, la metodología de trabajo utilizada y el contenido del mismo en contraste con los textos existentes en su época.

Por lo que respecta a la motivación para escribir el libro, el propio Cajal nos la revela con suma claridad en su segundo libro de memorias —*Historia de mi labor científica*—, cuando nos narra su vida y su quehacer en Valencia tras alcanzar la cátedra en 1883, como hemos indicado con anterioridad. Afirma, en tal sentido, que fueron varios los motivos que le impulsaron a escribir su primer texto de histología. Entre ellos destaca «*el deseo de reunir en haz todas las observaciones más o menos originales recolectadas a campo traviesa en los dominios histológicos; la conveniencia de disciplinar y acomodar la curiosidad al rígido cuadro de un programa fijado de antemano y, sobre todo, el patriótico anhelo de que viera la luz en nuestro país un tratado que, en vez de concretarse a reflejar modestamente la ciencia europea, desarrollara en lo posible doctrina propia, basada en la investigación personal*». A ello añade que se sentía avergonzado y dolorido «*al comprobar que los pocos libros histológicos publicados en España no traducidos carecían de grabados originales y ofrecían descripciones servilmente copiadas de autores extranjeros*».

La metodología utilizada para la elaboración del que será, como hemos indicado con anterioridad, su primer texto docente, resulta sin duda fruto de las motivaciones previamente enumeradas. En efecto, Cajal planifica un programa de revisión sistemática de los distintos tejidos que conforman la estructura corporal, así como de la

técnica micrográfica que la hace posible. A la revisión, y puesta al día de cada tema, incorpora Cajal, en la elaboración de los capítulos, sus propias observaciones. Unas observaciones que inicialmente realiza con su viejo microscopio Verick y que completa con posterioridad con el nuevo y excelente microscopio Zeiss que en 1885 le regala la Diputación Provincial de Zaragoza como muestra de gratitud por el informe sobre el cólera y su profilaxis que Cajal realiza para dicha institución. A partir de dichas observaciones Cajal aporta también al libro, en sus propias palabras, «*algunos hechos nuevos, aunque en un reducido número de puntos*». Sobre las 203 ilustraciones intercaladas en el texto Cajal afirma que «*todas ellas, a excepción de dos o tres, fueron copiadas por el autor de sus propias preparaciones, procurando que las copias fueran lo más exactas posible*». Revisión y puesta al día, observación y descripción histológica rigurosa de material propio con microscopía óptica de alta resolución, aportaciones científicas propias y grabados originales obtenidos a partir de dicho material, constituyen, sin duda, una novedad importante y relevante en la elaboración e implementación de un libro de texto en la España del último tercio del siglo XIX.

Sobre el contenido del libro hay que destacar, en primer lugar, que, aunque se trata de un texto, como afirma Cajal, «*destinado principalmente a los alumnos*», es también, como igualmente señala en su prólogo, «*uno de los que con más fidelidad refleja el estado de la ciencia histológica de su tiempo*». A este respecto el propio Cajal añade que en el libro «*aparecen por primera vez, arreglados y dispuestos para la enseñanza elemental los brillantes estudios de Flemming sobre la kariokinesis, los de Bizzozero sobre las plaquetas, los de Kolliker y Ebner sobre la textura ósea, los de Spina y Spronck sobre el tejido cartilaginoso, los notables de Golgi, Tartuferi, Dogiel, etc. sobre el tejido nervioso, los de Melland y Gehuchten sobre el muscular y otras muchas conquistas positivas que solo ahora, y de una manera incompleta, van apareciendo en los textos alemanes de Orch, Brass, Stohr y Todlt*».

Prudente, por las dificultades que sin duda conllevaba la difícil misión que se había propuesto, Cajal escribió que «*estaba muy lejos de creer que su obra fuese un buen libro de Histología*» y que, por tanto, debería considerarse, a todos los efectos, «*como un ensayo incompleto, cuyas lagunas y defectos solo podrán corregirse en sucesivas ediciones*».

El primer texto docente de histología escrito por D. Santiago Ramón y Cajal, cuya génesis motivacional, metodológica e innovadora en su contenido, acabamos sumariamente de describir, constituye

por todas las razones anteriormente expuestas, el primer texto moderno de una ciencia nueva en construcción como era considerada entonces la ciencia histológica.

La obra pionera de Don Aureliano tenía ya, en el primer texto docente publicado por Cajal en 1889, una muy clara y egregia continuidad; una continuidad que se prolongó, brillantemente en el tiempo, con nuevas ediciones del citado libro y con nuevos textos docentes escritos también por D. Santiago y sus discípulos. La aportación realizada a la docencia por Cajal y su escuela a través de sus libros de texto contribuyó no solo a formar en histología a los médicos en España e Hispanoamérica sino, también, junto a la relevante investigación histológica aportada por Cajal y sus discípulos, a institucionalizar de un modo definitivo a la ciencia histológica en la Universidad y en la ciencia española y en la de los distintos países del mundo hispanohablante.

Bibliografía

Campos, A. *Histólogos*. Atticus Ediciones. Granada. 2022.

Castro, F. *Cajal y la Escuela Española de Histología*. Editorial de la Universidad Complutense. Madrid. 1981.

González Santander, R. *La Escuela Histológica Española*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Alcalá. Vol. 3. 1998.

Maestre de San Juan y Muñoz, A. *Tratado Elemental de Histología Normal y Patológica*. Nicolás Moya, editor. Madrid. 1879.

Ramón y Cajal, S. *Manual de Histología Normal y Técnica micrográfica*. Librería de Pascual Aguilar, editor. Valencia. 1889.

Ramón y Cajal, S. *Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica*. Alianza Editorial. Madrid. 1981.

I Premio D. Santiago Ramón y Cajal, Catedrático de Histología, primer accésit · SEHIT · 2025

Las mariposas del aula

Francisco J. Esteban

En el siglo XXI, la docencia universitaria parece haber dado un giro desde la transmisión unidireccional del conocimiento hacia una enseñanza más dinámica. Se nos habla de innovación docente, de metodologías activas y de la necesidad de fomentar la colaboración, la creatividad y el pensamiento crítico por encima de memorizar fórmulas y contenidos. Los planes de innovación docente impulsan cambios metodológicos, convenciendo al profesorado de que estamos ante una nueva forma de enseñar.

¿Realmente estamos innovando?

El término *innovación docente* impregna hoy las aulas universitarias envuelto en una retórica que exalta nuevas metodologías y herramientas tecnológicas. Sin embargo, ¿cuánto de esta transformación es realmente nueva y cuánto es un redescubrimiento de lo que grandes maestros ya practicaban? Quizás no estamos innovando tanto como creemos, sino volviendo, con otras palabras y recursos, a principios fundamentales de la enseñanza que algunos visionarios, como Santiago Ramón y Cajal, ya aplicaban hace más de un siglo.

Cajal no solo revolucionó la neurociencia con su teoría neuronal, sino que también dejó una huella indeleble en la enseñanza universitaria. En una época donde la docencia se basaba en la memorización y la repetición, su método era radicalmente distinto. No concebía el aprendizaje como una simple acumulación de información, sino como un proceso dinámico donde el estudiante debía observar, cuestionar y descubrir por sí mismo. En sus propias palabras, «Las ideas no duran mucho. Hay que hacer algo con ellas», un principio que

aplicó no solo a su investigación, sino también a la formación de sus discípulos.

Lejos de limitarse a la transmisión pasiva del conocimiento, Cajal promovía la curiosidad intelectual, instando a sus estudiantes a mirar más allá de lo establecido y a desarrollar su propio pensamiento crítico. Defendía que la autonomía y la experimentación eran esenciales para forjar verdaderos científicos. En lugar de dictar verdades absolutas, animaba a sus alumnos a enfrentarse al microscopio, a dibujar lo que veían, a formular preguntas y a buscar respuestas a través de la observación y la reflexión.

En este sentido, Don Santiago se adelantó a muchas de las estrategias que hoy llamamos *aprendizaje activo*, *flipped classroom* o *aprendizaje basado en la indagación*. La diferencia es que él lo hacía sin necesidad de etiquetas ni de tecnologías sofisticadas, pues le bastaba un microscopio, lápiz y papel y, sobre todo, una concepción de la enseñanza como una aventura intelectual en la que el estudiante debía tomar el control de su propio aprendizaje. Si hoy hablamos de innovación docente, tal vez deberíamos preguntarnos si estamos descubriendo algo realmente nuevo o simplemente recuperando principios esenciales que Cajal ya entendió y aplicó en sus tiempos.

El arte de enseñar

Para Santiago Ramón y Cajal, ver y comprender eran actos inseparables. Su talento para la ilustración no era una mera habilidad artística, sino una herramienta didáctica fundamental. En un tiempo en el que la fotografía científica apenas estaba desarrollada, sus dibujos se convirtieron en un puente entre la observación y la interpretación, permitiendo visualizar con una claridad sin precedentes la estructura del sistema nervioso. Cada trazo no solo representaba la realidad microscópica con precisión, sino que también revelaba la lógica de su organización y funcionamiento. Y no era casualidad puesto que Cajal concebía el dibujo como una forma de procesar y fijar el conocimiento, una estrategia cognitiva bien conocida hoy en día.

Y su metodología docente no se limitó al lápiz y el papel. La experimentación práctica era el núcleo de su método de enseñanza. Consideraba que la ciencia no podía reducirse a la memorización de hechos y teorías, sino que debía construirse con la observación, la experiencia directa y el pensamiento crítico. En su laboratorio, los estudiantes no eran receptores pasivos de información, sino explora-

dores del mundo microscópico, aplicando técnicas histológicas con las que desentrañar la estructura y composición de los tejidos. No se les pedía que creyeran en lo que decía el profesor, sino que lo vieran por sí mismos, que formularan hipótesis y que se enfrentaran a los desafíos del método científico. En este sentido, Cajal se adelantó a las metodologías activas que hoy buscan colocar al estudiante en el centro del aprendizaje.

Más allá del enfoque práctico, Cajal también defendía con firmeza la independencia intelectual del estudiante. Creía que la educación debía formar a personas de ciencia capaces de pensar por sí mismas, de desafiar lo establecido y de generar conocimiento en lugar de limitarse a repetirlo. Y, más allá del aula de histología, fomentaba la capacidad de asombro, la autonomía en la investigación y el espíritu crítico, atributos que para él se fundamentaban en una cualidad esencial, la voluntad, como expresó elocuentemente: «Si hay algo en nosotros verdaderamente divino, es la voluntad. Por ella afirmamos la personalidad, templamos el carácter, desafiamos la adversidad, corregimos el cerebro y nos superamos diariamente».

Además, Cajal fue un pionero de la interdisciplinariedad. Entendía que la neurobiología no podía avanzar sin el apoyo de otras disciplinas y por ello integró conocimientos de óptica, química y fisiología para desentrañar los secretos del sistema nervioso. Fue un autodidacta incansable, explorando técnicas experimentales en diversos campos y adaptando herramientas de otras áreas al estudio de la histología. Con todo, su insaciable curiosidad fue más allá de la neurociencia, pues también experimentó con el diseño y la optimización de los microscopios y, como apasionado de la fotografía, publicó un tratado sobre técnicas fotográficas en color. Por otro lado, como literato dejó escritos excepcionales como las *Reglas y consejos sobre investigación científica* (*Los tónicos de la voluntad*) y los *Cuentos de vacaciones*, donde plasmó su creatividad y su visión del mundo desde una perspectiva más personal. Esta versatilidad nos recuerda que la verdadera innovación no surge de la especialización extrema, sino de la capacidad de explorar múltiples horizontes y conectar ideas de diferentes ámbitos del conocimiento. De hecho, su icónica metáfora de las «mariposas del alma», con la que describió a las neuronas, refleja esa capacidad de unir ciencia y poesía, precisión y belleza, intuición y evidencia empírica.

Hoy, cuando buscamos impulsar en nuestros estudiantes la curiosidad, el pensamiento crítico y la pasión por el descubrimiento, qui-

zás debamos mirar atrás y redescubrir en Cajal un modelo a seguir. Su legado nos recuerda que aprender no es solo absorber información, sino mirar el mundo con otros ojos, cuestionarlo y atreverse a ir más allá. Quizás el verdadero reto de la docencia universitaria no sea «innovar», sino recuperar la esencia de lo que siempre ha funcionado. Cajal entendió antes que nadie que enseñar no es transmitir información, sino encender la llama de la curiosidad. Tal vez las mariposas del aula no sean solo las nuevas metodologías, sino las ideas que, como en tiempos de Cajal, siguen volando libres cuando el conocimiento se construye con libertad y pasión.

I Premio D. Santiago Ramón y Cajal, Catedrático de Histología, segundo accésit · SEHIT · 2025

Ciencia y arte al servicio de la educación universitaria

Elena Giné Domínguez

Santiago Ramón y Cajal es una figura emblemática en la historia de la ciencia española. Su nombre está ligado indeleblemente a la neurociencia moderna gracias a sus investigaciones sobre el sistema nervioso, que le valieron el Premio Nobel en 1906. Sin embargo, su legado no se limita a sus descubrimientos científicos, sino también a su papel docente, desde la enseñanza universitaria, en la formación de nuevas generaciones de médicos e investigadores.

A lo largo de su carrera, la Universidad no solo le brindó la estabilidad material necesaria para sostener su investigación y a su familia, sino también un entorno fértil para el intercambio de ideas y la formación de jóvenes científicos. La relación con la Universidad marca la trayectoria científica de Santiago Ramón y Cajal. Es allí donde encuentra el cauce para realizar su labor docente e investigadora. Es en ella donde conoce a D. Aureliano Maestre de San Juan, Catedrático de Histología Normal y Patológica de la Universidad Central de Madrid, quien le muestra algunas preparaciones micrográficas que, en su novedad y riqueza de detalles, le causaron profunda admiración, orientándole de manera decisiva hacia el estudio de la Histología. Es la Universidad la que, como miembro del tribunal de la oposición a la cátedra de Anatomía, le lleva a Madrid donde tiene la fortuna de coincidir con el Dr. Simarro. Este encuentro fue decisivo: Simarro le muestra células nerviosas impregnadas con plata, técnica desarrollada por Golgi. Esta experiencia hace que Cajal oriente su investigación hacia la neurociencia, motivándole a utilizar y perfeccionar la

técnica de impregnación argéntica descubierta por Golgi por azar.

La Universidad le permite desarrollar esa vertiente docente, formadora. El vínculo de Cajal con ella comienza ya en Zaragoza, donde estudió medicina y posteriormente ejerció primero como profesor ayudante y, después, como profesor interino. Su primera cátedra estable llega en 1883 en la Universidad de Valencia, como profesor de Anatomía Descriptiva y General. De esta etapa, Cajal recuerda con cariño a sus "alumnos celosos y aplicados", entre los que destaca la doctora Manuela Solís, a quien alaba por su integridad, honestidad y rectitud como profesional en el prólogo que hace de la obra de esta doctora *Higiene del embarazo y de la primera infancia*.

Tras una etapa como catedrático de Histología y Anatomía Patológica en la Universidad de Barcelona, en 1892 se trasladó a Madrid al obtener la cátedra que había quedado vacante por la muerte de D. Aureliano en la Universidad Central. Allí permanecerá hasta su jubilación, consolidándose como una figura clave en la docencia y la investigación. Su labor como profesor iba más allá de la palabra hablada: con sus ilustraciones, Cajal logra representar con una precisión sin precedentes la complejidad del sistema nervioso y la hipótesis que revolucionó la neurociencia: la teoría neuronal.

El impacto de las ilustraciones de Cajal fue tan notable que, en 1894, cuando se crea el centro poligráfico, dependiente de la Facultad de Medicina de la Universidad Central, se seleccionan sus dibujos para las primeras reproducciones. Este centro, concebido como un servicio auxiliar, tenía como objetivo elaborar representaciones gráficas destinadas a ser utilizadas como material docente para apoyar las explicaciones de las cátedras, a modo de las actuales presentaciones, y para dar a conocer los descubrimientos de los profesores en Histología y Anatomía. Las copias producidas debían distribuirse entre las facultades de medicina de los distintos distritos universitarios existentes en España —Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Granada, Santiago de Compostela, Valladolid y Zaragoza— y, a partir de 1900, también Salamanca que reabrió sus estudios en medicina.

Los primeros cuadros producidos por este centro todavía se conservan en el Departamento de Biología Celular e Histología de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Este departamento es la continuación directa de la Cátedra de Histología que Cajal ocupó durante 30 años y que fue cuna de la Escuela Histológica Española. Además de estas ilustraciones de grandes dimensiones, solo se ha localizado algún ejemplar más en las universi-

dades de Zaragoza y Valencia. Estos dibujos delineados por Cajal y pintados por Ramón Padró y Pedret, conocido pintor de la corte de Alfonso XII, constituyen unas joyas históricas y didácticas.

La calidad artística de sus ilustraciones es tal que no solo facilitaban la comprensión de estructuras microscópicas, sino que además inspiraban a sus alumnos y colegas. Con una extraordinaria capacidad para equilibrar complejidad y claridad, Cajal utilizaba esquemas, pictogramas y perspectivas múltiples para formular hipótesis y explicar fenómenos con mayor eficacia que el solo texto. Su destreza como dibujante le permitió representar mapas visuales del cerebro, del sistema óptico y de distintos tipos de células, revolucionando la manera en que se enseñaba la histología.

Actualmente se conservan en la Universidad Complutense seis de estos cuadros que representan distintas estructuras histológicas del sistema nervioso: la corteza cerebral, las conexiones de la médula espinal, la estructura de la corteza cerebelosa (figura 1), la estructura de la retina (figura 2), el esquema del aparato central de la olfación y el conducto coclear (órgano de Corti). Los estudios de Cajal sobre la corteza cerebelosa y la retina, fueron determinantes para demostrar que las neuronas son células independientes y que contactan entre sí (sinapsis), cuestiones en las que se fundamenta la teoría neuronal. El cuadro de la corteza cerebelosa es el que aparece de fondo en el retrato que le hace el pintor valenciano Joaquín Sorolla. En este cuadro Cajal muestra de manera esquemática la disposición de los distintos tipos neuronales y fibras nerviosas en esta estructura, recopilando en un mismo dibujo las observaciones obtenidas por dos de los métodos más utilizados por Cajal: el método de Golgi y su propio método del nitrato de plata reducido.

Estas ilustraciones reflejan una vez más el esfuerzo de Cajal por proporcionar a sus alumnos los recursos necesarios para una formación más completa. En esa misma línea, publicó dos obras, *Manual de Histología Normal y Técnica Micrográfica* y *Manual de Anatomía Patológica General*, que en su época constituían el núcleo esencial del conocimiento en estas disciplinas. La Facultad de Medicina, al crear el centro poligráfico y elegir sus dibujos como los primeros en reproducirse, reconoció el valor de su iniciativa y reforzó su compromiso con la mejora de la enseñanza en medicina.

La influencia de Cajal en la enseñanza universitaria va más allá de su legado científico: sus ilustraciones, más que meros recursos gráficos, fueron una verdadera herramienta clave en la educación médica.

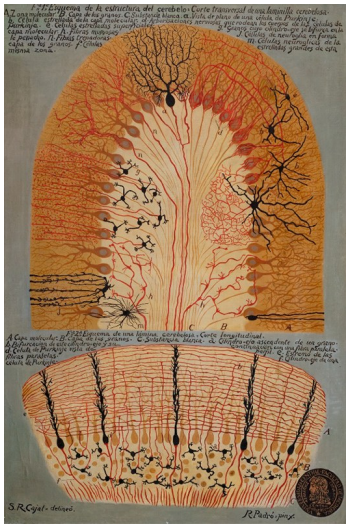


Figura 1. Cuadro docente de la estructura de la corteza cerebelosa.

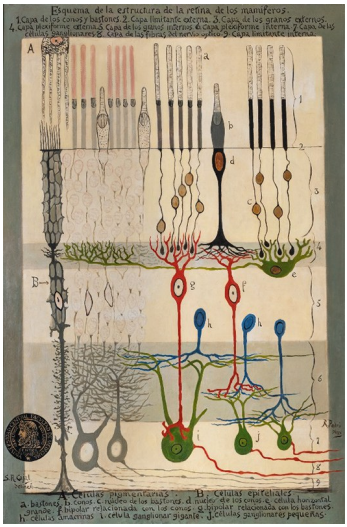


Figura 2. Cuadro docente de la estructura de la retina.

Al unir arte y ciencia, revolucionó la comprensión del sistema nervioso, y su método visual sigue siendo una referencia en la docencia y la investigación, demostrando que la enseñanza de la ciencia puede ser, además de rigurosa, profundamente estética e inspiradora.

La elegancia de Cajal

Alumno de Bachillerato del Colegio Maristas de Salamanca

El 10 de diciembre de 1906, dos de los científicos más importantes de la época, Santiago Ramón y Cajal y Camillo Golgi, recibieron juntos el Premio Nobel de Fisiología o Medicina. Sin embargo, aunque compartieron el reconocimiento, en realidad tenían una gran rivalidad científica. Golgi, un investigador italiano, fue premiado por su método de tinción de plata, una técnica revolucionaria que permitía observar las células nerviosas con mucho más detalle. Por su parte, Cajal, un médico español, recibió el Nobel por demostrar que las neuronas eran células individuales y no una red continua, como se pensaba hasta entonces.

Golgi defendía la «teoría reticular», afirmando que las neuronas estaban conectadas formando una red sin interrupciones. Esta idea, respaldada por muchos científicos, tenía sentido dentro del conocimiento de la época. Cajal, sin embargo, sostenía una visión completamente distinta: según sus investigaciones, las neuronas estaban separadas por pequeños espacios llamados sinapsis. Aunque su teoría iba contra la corriente dominante, logró demostrar su validez gracias a la gran cantidad de pruebas que recopiló.

Según la conferencia del Prof. Nieto Amada en el Primer Congreso Virtual en Ciencias Morfológicas de 2012, Golgi y Cajal asistieron a una cena con el rey de Suecia después de recibir el Nobel. En ese evento, Cajal se mostró elegante y diplomático: agradeció el premio y reconoció la importancia del método de Golgi, sin el cual sus propias investigaciones no habrían sido posibles. A pesar de sus diferencias, mostró respeto hacia su colega y mencionó a otros científicos que también habían contribuido al avance de la neurociencia. Golgi, en

cambio, al día siguiente pronunció un discurso titulado *La doctrina de la neurona: teoría y hechos*, en el que atacó directamente la teoría de Cajal y defendió su propia idea de la red neuronal continua. Lo más interesante es que Cajal no respondió con ataques ni desprecio. En lugar de eso, simplemente presentó más pruebas que respaldaban su teoría, sin mencionar a Golgi ni caer en confrontaciones científicas o personales.

Ahora imaginemos que todo esto hubiera ocurrido en el siglo XXI, en la era de las redes sociales y la polarización extrema. Sin duda, la situación habría sido mucho más difícil para ambos y, en definitiva, para la ciencia. En su época, Golgi no era un científico cualquiera: era una autoridad en neurociencia, un referente indiscutido cuyo trabajo había revolucionado la forma de estudiar el sistema nervioso. En ese contexto, un joven Cajal, con su propuesta de que las neuronas eran células independientes, se enfrentaba no solo a Golgi, sino también a toda la comunidad científica que apoyaba la teoría reticular. Si esto hubiera ocurrido hoy, Cajal además se habría tenido que enfrentar a ¡los seguidores de Golgi en las redes sociales! La rivalidad entre ambos científicos habría movilizado a los *haters*, que no habrían dudado en atacar sin piedad a Cajal, llegando incluso a tacharlo de «negacionista». La presión de la opinión pública, amplificada por medios de comunicación con posturas predefinidas, podría haber menospreciado el trabajo de Cajal sin darle el análisis riguroso que merecía, en lugar de verlo como un debate científico legítimo.

Por suerte, hay algo que trasciende cualquier época: la perseverancia y la elegancia de Cajal. Incluso en el siglo XXI, su convicción en la validez de sus experimentos y su respeto hacia sus rivales habrían sido la clave. A pesar de todo, habría mantenido su postura con rigor y honestidad, sin hostilidad. Gracias a sus detalladas observaciones y sus inigualables dibujos, demostró que las neuronas eran unidades individuales y que la comunicación entre ellas se daba a través de sinapsis, cambiando para siempre nuestra comprensión del sistema nervioso.

La ciencia necesita del debate constante para avanzar. Sin discusión ni la posibilidad de cuestionar lo que creemos saber, el conocimiento se estanca y deja de evolucionar. Las ideas de Cajal y Golgi, aunque contrarias, fueron cruciales para el desarrollo de la neurociencia. La historia nos demuestra que la verdad científica no es absoluta ni inmutable, sino un camino que se recorre paso a paso, con dudas, errores y retrocesos, pero siempre con la intención de

comprender mejor el mundo que nos rodea. El hecho de que ambas teorías fueran debatidas y contrastadas permitió que la ciencia avanzara y llegara a nuevas conclusiones. Por eso, no se debe descalificar a quien desafía una idea, sino analizar sus argumentos y, llegado el caso, rebatirlos.

Al final, la historia de Cajal y Golgi nos recuerda que la ciencia debe estar abierta a nuevas evidencias y puntos de vista. La verdadera actitud científica requiere «humildad» para reconocer lo que no sabemos y «firmeza» para sostener lo que la evidencia respalda, sin menospreciar a quienes tienen, o creen tener, un argumento distinto. La esencia del científico está en su capacidad de defender sus investigaciones con rigor, pruebas, respeto y elegancia, tal como hizo Cajal.

II Premio D. Santiago Ramón y Cajal, Catedrático de Histología, ex aequo · SEHIT · 2026

Ramón y Cajal y la enseñanza universitaria

Omar García Sánchez

Relato de ficción histórica ambientado en una clase real de Santiago Ramón y Cajal en la Universidad Central de Madrid, 1899.

Madrid, 3 de abril de 1899

Su pasión.

Si tuviera que destacar el rasgo que más me había sorprendido de él escogería, sin duda, su pasión, la cual evidencia en cada uno de sus actos. Ese modo frenético, excitante, apasionado de vivir se traduce, en materia académica, en unas lecciones tan estimulantes como me temo que imposibles de replicar por mi parte. Ojalá el desvencijado espejo del baño me reflejase un semblante tan carismático y atrayente como el de Don Santiago. ¡Ay, hasta estaría dispuesto a vender mi alma al mismísimo Belcebú con tal de parecerme a él!

Bien es cierto que el mensaje produce mayor calado si se transmite con una voz como la suya, rotunda, cálida, envolvente, como de "cantante de jotas", que atrapa tu atención con tal vigor como si te encontrases bajo el embrujo de un hechizo milenario. Y a ello hay que sumar el magnetismo que genera contemplar con asombro su modo de plasmar en la pizarra sus enseñanzas, con esos gráciles y casi coreográficos movimientos de su mano mientras dibuja las neuronas, "mariposas del alma" como le gusta llamarlas. En un abrir y cerrar de ojos descubro ensimismado que esos trazos han ido extendiéndose vertiginosamente hasta ocupar toda la superficie del encerado, como si Don Santiago tuviera la capacidad, se diría que milagrosa, de representar en tiempo real las miles de sinapsis que

se producen cada segundo. Tras esa danza tribal que compone su mano, con el único aderezo de diversas desgastadas tizas de colores, alguna prácticamente pidiendo clemencia ante lo precario de su estado que apenas permite asirla, nos contempla con sus ojos sagaces durante unos segundos, curioso, escrutador, tratando de atisbar en nuestro perplejo rictus que hemos captado el fenómeno que linda con lo mágico que acaba de producirse. Y es en ese instante cuando clava su lobuna mirada en uno de nosotros y le insta a exponer lo representado en la imagen. Recuerdo con claridad meridiana, aún removido por lo intenso de la experiencia, la mañana que sus ojos se posaron en los míos y me solicitó que relatase las capas de la retina, así como el gozo que me embargó tras recibir su pública felicitación por el "fondo y la forma", según puntualizó, de mi parlamento. Por supuesto, todos estamos acostumbrados a las ilustraciones de su texto, que llevamos cada día bajo el brazo como si se hubiera convertido en una extensión de nuestro cuerpo, pero el regalo que supone presenciar embelesado cómo genera en directo esas etéreas obras de arte no tiene parangón.

Desde luego, buena parte de lo que he ido presenciando en sus clases ya se me había apuntado con anterioridad. Creo que fue una feliz idea consultar a uno de sus discentes más aventajados sobre lo que me iba a encontrar en las lecciones de Don Santiago. A fin de cuentas, vengo de un lugar bien distinto, y la Universidad Central puede llegar a ser un entorno inhóspito y abrumador. Enjambres de estudiantes deambulando con un ritmo frenético por sus angostos pasillos, cual feroz riada arrasando con todo a su paso, a lo que hay que añadir ese intenso y desagradable olor a fenol y tabaco que impregna la atmósfera, de común gélida durante los meses fríos pese a los enconados esfuerzos de las estufas de carbón. Al menos, el crudo invierno ha dado paso a una aún tímida primavera, y he podido guardar el gabán en el destartalado armario de haya que preside mi habitación. Para ser honesto, debo confesar que el encuentro con Tello fue absolutamente fortuito. De hecho, fue él quien se dirigió a mí junto a la fachada principal del edificio para preguntarme atropelladamente la hora ya que parecía llegar tarde al laboratorio. Lógicamente yo sabía de quién se trataba puesto que era uno de los alumnos más brillantes del Centro. Vestía un sobrio traje verde de tres piezas con corbata gris e impecables zapatos negros de charol, lo que le daba un imponente porte regio. Tras una breve presentación y un escueto intercambio de palabras, quise aprovechar la coyuntu-

ra y traté de preguntarle sobre qué me iba a encontrar en las clases del Profesor Cajal, pero él, como si hubiese entrado en una especie de trance tras ser cuestionado por una divinidad, me emplazó a una sosegada conversación en el Café Comercial esa misma tarde, propuesta que acepté de inmediato.

Lo que no se podía negar es que Tello cuidaba las formas. La sugerencia de trasladar el diálogo sobre Don Santiago al ilustre Café Comercial me resultó tremendamente acertada. Un local tan inspirador, plagado de artistas, intelectuales y políticos, era un rincón idóneo para disertar sobre la semblanza de un erudito como nuestro Maestro. Un humeante café solo para él y uno con nata para mí intentando sin fortuna aportar cierta calidez a la fría mesa de mármol negro que los acogía. Una vez finalizado mi turno de palabra, que se centró en un sucinto apunte sobre mi lugar de nacimiento, y un pírrico relato sobre mi trayectoria universitaria hasta la fecha, noté el ferviente interés de Tello en iniciar su parlamento sobre Don Santiago, de modo que con un casi inapreciable movimiento de las cejas le di paso para que iniciase lo que bien podía haber sido la exposición de una Tesis Doctoral dado el ingente caudal de datos sobre su Maestro que vertió. Se esmeró en intentar transmitirme las cuantiosas cualidades de Cajal que le convertían en un docente singular, único, con un poder de sugestión hacia sus discípulos de una magnitud de carácter de deidad. Durante su relato no paraba de gesticular y de construir en el aire tortuosas formas con sus delicadas manos, que le otorgaban un enorme potencial a la hora de mostrarse como el alumno más avezado en el uso del nitrato de plata para teñir las preparaciones. De Don Santiago, entre sus innumerables atributos como profesor, destacó el hecho de dotar de vida a las imágenes que mostraba. Las palabras de Cajal infundían un dinamismo especial a esa minuciosa maraña de neuronas que poblaban la pizarra gracias a su prodigioso talento para el dibujo. Y lo mismo ocurría con las preparaciones microscópicas que, tras sus prolijas explicaciones sobre las mismas, parecían implorar a los estudiantes que se adentrasen en ellas y exploraran cada uno de sus rincones. Pocas semanas después de aquella charla pude comprobar que Tello estaba en lo cierto sobre el excelso magisterio del Maestro.

No debo obviar que en la fascinación que me suponen sus formidables clases, dinámicas, inmersivas, inspiradoras, sugerentes... influye el sesgo que supone mi bagaje previo. Vengo de una enseñanza encorsetada, muy brillante, pero tremendamente convencional y

que seguía herméticamente los patrones clásicos. De ahí que nunca estaré suficientemente agradecido a Don Santiago por haberme hecho descubrir un mundo de posibilidades que, pese a haber estado siempre delante de mis inexpertos ojos, ahora se muestra como un infinito campo tan ávido de ser explorado que a veces me hace estremecer como si estuviese al borde de una colosal fosa abisal.

Y si a nivel intelectual soy consciente de que no me aproximaré, al menos desearía acercarme a su admirable condición física para darle su merecido al engreído de Garabito. Ese mequetrefe me saca de mis casillas cada vez que me llama "alemán" con el único propósito de incomodarme ya que sabe perfectamente que soy del Bocho. Cada vez que me lo dice se dibuja una pérfida sonrisa, de hiena pestilente, bajo su esperpéntico mostacho más propio de un sargento de la Guardia Civil que de un futuro galeno.

"Ejem, ejem… Sr. Achúcarro, ¿sería usted tan amable de regresar de la Luna de Valencia y de indicar a sus compañeros qué se encontrarán en la preparación que tiene en su microscopio?" – se oyó una enérgica, metálica, contundente y penetrante voz.

"Eh… perdón… sí, disculpe D. Santiago, me he despistado un momento. Ahora mismo." – acertó a responder Nicolás visiblemente azorado mientras se desprendía de sus reflexiones sobre el Maestro.

II Premio D. Santiago Ramón y Cajal, Catedrático de Histología, ex aequo · SEHIT · 2026

Ramón y Cajal y la enseñanza universitaria: aprender a ver, pensar y crear

Diego Fernández Lázaro

Enseñar no es transferir conocimiento, sino transformar la mirada. Esta idea, plenamente vigente en la pedagogía contemporánea, encuentra en la figura de Don Santiago Ramón y Cajal uno de sus máximos exponentes.

En una universidad dominada por la repetición memorística y la autoridad académica, Cajal supuso una ruptura profunda. Más allá de sus descubrimientos, su legado en la enseñanza universitaria radica en transformar el aprendizaje en un proceso activo, creativo y personal, donde el estudiante deja de ser un receptor pasivo para convertirse en protagonista de su formación y en agente activo del conocimiento.

Cajal entendía perfectamente que la formación científica no podía reducirse a la transmisión pasiva de conocimientos. Frente a un modelo centrado en la acumulación de datos, defendió una enseñanza basada en la observación, el cuestionamiento y la experimentación. El laboratorio, y en particular el microscopio (Figura 1), se convirtió en el núcleo de su pedagogía: no aprender lo que otros habían visto, sino aprender a ver, interpretar y comprender la realidad biológica, desarrollando una mirada científica propia.

Este enfoque implicó un cambio radical en la relación docente-estudiante: el profesor dejó de ser transmisor para convertirse en guía de un proceso intelectual autónomo. Cajal fomentaba la independencia crítica, animando a cuestionar incluso sus propias ideas si la evidencia lo exigía (Alonso, 2023). Su enseñanza no solo forma-

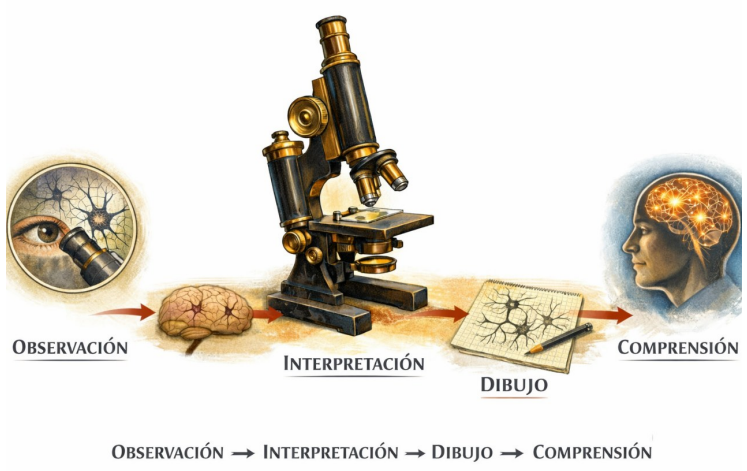


Figura 1. El microscopio como eje del aprendizaje en el modelo de Cajal. Fuente: elaboración propia inspirada en el modelo pedagógico de Ramón y Cajal.

ba científicos, sino también pensadores capaces de generar conocimiento nuevo y de enfrentarse a problemas complejos con rigor y creatividad.

La creación de su Escuela Española de Histología demuestra la eficacia de este modelo. Discípulos como Tello, Achúcarro o Río-Hortega no solo continuaron su obra, sino que desarrollaron nuevas líneas de investigación, consolidando una tradición científica basada en la innovación. Este hecho refleja una concepción de la universidad como espacio de creación de conocimiento, donde aprender implica investigar, contrastar y construir, más que repetir contenidos establecidos.

En sus escritos, especialmente en *Reglas y consejos sobre investigación científica* (Ramón y Cajal, 1899), Cajal insistía en valores que trascienden lo puramente académico: la disciplina, la constancia, la pasión por descubrir y la capacidad de sobreponerse al fracaso. Para él, el error debía analizarse como vía hacia el conocimiento, ya que permitía comprender los límites de lo observado y avanzar en la investigación. Esta dimensión ética mantiene plena vigencia en un contexto universitario donde predomina la inmediatez frente a la reflexión pausada.

Hoy, muchas de las tensiones que Cajal trató de superar siguen presentes en la universidad. La sobrecarga de contenidos, la evalua-

ción centrada en resultados y la escasa atención al pensamiento crítico plantean desafíos que su modelo ayuda a reinterpretar. Recuperar la mirada de Cajal implica reivindicar una enseñanza que forme no solo profesionales competentes, sino individuos capaces de cuestionar, crear y avanzar el conocimiento.

En este sentido, su legado no debe entenderse como un conjunto de ideas históricas, sino como una propuesta plenamente vigente. Enseñar ciencia, como defendía Cajal, no es transmitir respuestas cerradas, sino despertar preguntas abiertas, fomentando la curiosidad como motor del conocimiento.

Cajal incidía también en la cultura del esfuerzo dándonos ejemplo no solo en el laboratorio, sino en la práctica de actividad física con disciplina (Alonso Peña, 2014), entendiendo el esfuerzo como base del desarrollo personal. Esta visión refuerza su modelo educativo: la formación universitaria debe integrar conocimiento, voluntad y carácter, elementos inseparables del aprendizaje.

El ejercicio físico, vinculado a la fuerza de voluntad, le permitió desarrollar hábitos de constancia y autocontrol trasladados a la investigación. Su trayectoria ilustra que el progreso intelectual no depende únicamente del talento, sino del esfuerzo sostenido, la perseverancia y la capacidad de superar dificultades, y como recoge al comienzo de sus *Pensamientos de tendencia pedagógica y educativa*: «Si hay algo en nosotros verdaderamente divino, es la voluntad» (Ramón y Cajal, 2016). Desde esta perspectiva, la actividad física puede interpretarse como una extensión de su modelo educativo, al contribuir al desarrollo integral del estudiante, no solo en el plano intelectual, sino también en el personal.

Otro ejemplo que reproduce este enfoque de las actuales tendencias pedagógicas nos lo da Cajal con el dibujo histológico. Dibujar transforma la observación en comprensión (Fernández Lázaro & Gutiérrez Abejón, 2023), obligando al estudiante a interpretar, seleccionar y reconstruir mentalmente la estructura observada, favoreciendo un aprendizaje activo, significativo y duradero.

El dibujo actúa como instrumento cognitivo: los estudiantes generan representaciones propias que sintetizan la información, favoreciendo una comprensión más profunda (Fernández Lázaro & Gutiérrez Abejón, 2023). Este proceso implica mayor implicación y desarrollo de habilidades cognitivas complejas frente a la observación pasiva.

Además, el componente colaborativo de estas metodologías re-

fuerza la construcción colectiva del conocimiento. Los estudiantes trabajan en grupo, comparan interpretaciones y corrigen errores, reproduciendo el funcionamiento de las escuelas científicas impulsadas por Cajal. Este aprendizaje compartido mejora el rendimiento académico, la motivación y el pensamiento crítico, evidenciando resultados positivos (Tabla 1). Estas metodologías reflejan la unión entre ciencia y arte característica del pensamiento de Cajal: sus dibujos no eran simples ilustraciones, sino herramientas de conocimiento capaces de integrar observación, interpretación y belleza (DeFelipe, 2005). En un entorno dominado por lo digital, el dibujo sigue siendo una forma privilegiada de pensamiento.

En un contexto educativo donde predominan las herramientas digitales y el acceso inmediato a imágenes, podría parecer que el dibujo ha perdido relevancia. Sin embargo, estas experiencias demuestran lo contrario: cuanto más accesible es la información, más necesario resulta desarrollar habilidades que permitan interpretarla. El aprendizaje activo mediante observación y dibujo es esencial en Histología para comprender la relación entre estructura y función, base de las ciencias biomédicas.

Las diferencias entre el modelo tradicional y el modelo cajaliano sintetizan este cambio de paradigma (Tabla 2), evidenciando el paso de una enseñanza pasiva a una activa, centrada en el estudiante y orientada a la generación de conocimiento.

Desde esta perspectiva, la enseñanza universitaria debe formar investigadores capaces de interpretar la realidad con rigor, creatividad y pensamiento crítico. La Histología no es solo una asignatura, sino un entrenamiento en la mirada científica, en la capacidad de ver más allá de lo evidente.

En un tiempo donde la información abunda, pero la comprensión escasea, recuperar el pensamiento de Cajal no es un ejercicio de memoria histórica, sino una necesidad académica. Porque enseñar no consiste en mostrar lo que otros han visto, sino en formar miradas capaces de descubrir por sí mismas, cuestionar lo establecido y contribuir activamente al avance del conocimiento, como Cajal nos enseñó.

Bibliografía

Alonso Peña, J. R. (2014, julio 9). Cajal deportista. Recuperado de `https://jralonso.es/2014/07/09/cajal-deportista/`

Alonso, J. R. (2023). *Citas con Cajal: el pensamiento de un sabio*. Palencia: Me-

Tabla 1. Impacto del aprendizaje basado en el dibujo histológico en el modelo cajaliano.

Aspecto evaluado	**Resultado observado**
Participación del alumnado	Muy alta implicación (≈100 %)
Rendimiento académico	Mejora significativa de las calificaciones
Comprensión de estructuras	Mayor profundidad y precisión en la interpretación
Motivación	Incremento del interés y compromiso con la asignatura
Aprendizaje significativo	Consolidación de modelos mentales duraderos
Pensamiento crítico	Desarrollo de la capacidad de análisis e interpretación
Trabajo colaborativo	Refuerzo del aprendizaje compartido y discusión científica

Fuente: Elaboración propia a partir de Fernández Lázaro y Gutiérrez Abejón (2023).

Tabla 2. Comparación entre el modelo tradicional y el modelo educativo de Cajal.

Aspecto	**Modelo tradicional (siglo XIX)**	**Modelo de Cajal**
Enfoque pedagógico	Transmisión de conocimientos	Construcción activa del conocimiento
Método de enseñanza	Memorístico y descriptivo	Experimental y basado en la observación
Rol del estudiante	Receptor pasivo	Sujeto activo del aprendizaje
Rol del profesor	Autoridad transmisora	Guía y facilitador del proceso científico
Fuente del conocimiento	Libros y saber establecido	Observación directa y evidencia empírica
Actitud científica	Repetición y aceptación	Pensamiento crítico e interpretación
Finalidad del aprendizaje	Acumulación de información	Comprensión, análisis y generación de conocimiento

Fuente: Elaboración propia a partir de Ramón y Cajal (1899) y Alonso (2023).

noscuarto Ediciones.

DeFelipe, J. (2005). *Cajal y sus dibujos: ciencia y arte*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Fernández Lázaro, D. & Gutiérrez Abejón, E. (2023). Cuadernos de histología en dibujos modelo Cajal para estudios universitarios en ciencias de la salud. En I. Rodrigo Martín, M. Viñarás Abad, & C. Fernández Fernández (Eds.), *Recursos para una salud medioambiental y humana sostenibles* (pp. 139–150). Peter Lang.

Ramón y Cajal, S. (1899). *Reglas y consejos sobre investigación científica*. Madrid: Imprenta de la Revista de Archivos.

Ramón y Cajal, S. (2016). *Charlas de café. Pensamientos, anécdotas y confidencias* (p. 225). Madrid: Fondo de Cultura Económica.

II Premio D. Santiago Ramón y Cajal, Catedrático de Histología, accésit · SEHIT · 2026

Enseñar a ver: la lección eterna de Cajal

María Magdalena García Irles

> *A todos cuantos embelese el hechizo de lo infinitamente pequeño, aguardan en el seno de los seres vivos millones de células palpitantes que solo exigen, para entregar su secreto, y con él la aureola de la fama, una inteligencia lúcida y obstinada que las contemple, las admire y las comprenda.*
>
> Santiago Ramón y Cajal, *Recuerdos de mi vida*

Este fragmento casi poético resume en pocas líneas el espíritu que, según Cajal, debía mover a todo científico: la exigencia de rigor y perseverancia, y la combinación de saber, admiración y sensibilidad hacia la complejidad de la naturaleza como elementos fundamentales en la búsqueda del conocimiento. Incide, además, en que el reconocimiento aparece subordinado al esfuerzo intelectual y a la dedicación previa, lo que sugiere que la verdadera recompensa reside en el acceso al conocimiento.

Santiago Ramón y Cajal es el mejor científico que ha tenido España y el más reconocido a nivel mundial. Ocupa un lugar central en la historia de la neurociencia por sus investigaciones sobre la estructura del sistema nervioso que culminaron con la doctrina neuronal y la concesión del Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1906. Sin embargo, su legado a la histología trasciende ampliamente el ámbito de la investigación en esta área.

Limitar su genio a la histología supondría ignorar la verdadera dimensión de un hombre profundamente polifacético: un científico humanista que entendía el arte y la ciencia como formas complementarias de explorar la realidad. Su talento artístico fue una herramienta fundamental en su labor investigadora. Como dibujante y pintor,

realizó ilustraciones microscópicas de extraordinaria precisión y belleza, en las que no solo reproducía lo observado, sino que interpretaba la estructura de los tejidos con claridad estética. También mostró interés por la fotografía, disciplina en la que experimentó con técnicas pioneras en su época, fascinado por la posibilidad de capturar la realidad con exactitud. En el ámbito literario, destacó como ensayista con obras como *Recuerdos de mi vida*, *El mundo visto a los ochenta años*, *Cuentos de vacaciones* o *Charlas de café*, donde combina reflexión científica, pensamiento crítico y observación social.

Por último, también fue un profesor universitario profundamente comprometido con la formación científica de sus estudiantes en un momento en que la universidad española atravesaba una profunda crisis científica. Frente a una universidad anclada en la memorización y la rutina, Cajal defiende una enseñanza activa, centrada en la observación, la experimentación y la formación integral del estudiante. Para Cajal la función docente consistía en transformar la mirada para aventurarse en lo desconocido. Su concepción de la docencia, dispersa entre tratados científicos, ensayos y relatos, compone una auténtica pedagogía de la curiosidad que, aún hoy, interpela a nuestro modo de enseñar y de aprender.

Para Cajal, la universidad era un espacio donde la transmisión del saber debía ir inseparablemente unida a la investigación, la observación rigurosa y la formación crítica del alumnado. Insistía en el valor formativo del laboratorio y de la observación directa, de manera que el microscopio se convirtió en un instrumento pedagógico fundamental capaz de transformar al estudiante en observador activo de la naturaleza. En su opinión, el docente debía ser, ante todo, un ejemplo vivo de curiosidad intelectual. En este sentido escribió: «*no se enseña bien sino lo que se hace, y quien no investiga no enseña a investigar*». Esta concepción transformaba profundamente el papel del profesor universitario, que dejaba de ser un mero transmisor de saber para convertirse en guía y estímulo de vocaciones científicas.

El compromiso pedagógico de Cajal se manifestó también en su dedicación a la formación de discípulos: «*La más pura gloria del maestro consiste, no en formar discípulos que le sigan, sino en formar sabios que le superen*». Bajo su influencia surgió la llamada Escuela Neurológica Española en 1907. Investigadores como Jorge Francisco Tello, Pío del Río-Hortega, Nicolás Achúcarro, Rafael Lorente de Nó o Fernando de Castro Rodríguez continuaron y ampliaron sus estudios sobre el sistema nervioso, demostrando que Cajal había logrado crear

una auténtica comunidad científica. Consciente del retraso de la investigación española respecto a otros países europeos, Cajal impulsó iniciativas destinadas a fortalecer las estructuras científicas del país. En este contexto desempeñó un papel relevante en la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, reconocida, en 2017, por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad dentro de su programa «Memoria del Mundo». Esta institución, destinada a promover la formación de investigadores y el intercambio científico internacional, fue el germen del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en 1939.

Más de un siglo después, la obra de Santiago Ramón y Cajal sigue planteando una cuestión esencial que interpela directamente a la universidad contemporánea: ¿estamos formando estudiantes que repiten conocimientos o mentes capaces de crearlos? En esa pregunta reside la verdadera modernidad de su pensamiento. Porque, en última instancia, la universidad no se define por la cantidad de información que transmite, sino por su capacidad para crearlo y abrir caminos hacia el conocimiento. Ese es, quizá, el legado más duradero de Cajal y el desafío que aún hoy sigue vigente. En la universidad actual, caracterizada por la abundancia de información y la inmediatez tecnológica, el pensamiento de Cajal actúa como una llamada a la profundidad intelectual. Frente a la acumulación de datos, reivindica el valor del método; frente a la rapidez, la importancia del rigor; frente a la pasividad, la necesidad de una actitud activa ante el conocimiento. Para él, conocer no era repetir, sino comprender, investigar y descubrir por uno mismo.

Por otra parte, Cajal rechazaba la idea de que el genio fuese una cualidad misteriosa reservada a unos pocos elegidos y otorgó un valor fundamental al esfuerzo y a la voluntad. Frente a la creencia en el talento innato, sostuvo que la disciplina, la constancia y el trabajo riguroso son los verdaderos motores del éxito intelectual. *«Todo hombre puede ser, si se lo propone, escultor de su propio cerebro»*. Esta metáfora expresa con claridad su confianza en la capacidad humana para desarrollarse a través del estudio y la dedicación.

La vigencia de este pensamiento resulta especialmente significativa en la actualidad, marcada por el desarrollo de la inteligencia artificial. Desde la perspectiva de Cajal, probablemente estas nuevas herramientas serían valoradas como instrumentos útiles para ampliar el conocimiento, pero nunca como sustitutos del pensamiento propio. Advertiría del riesgo de un aprendizaje superficial y depen-

diente si se utilizan sin espíritu crítico, y reafirmaría la necesidad de mantener la curiosidad, el esfuerzo y la autonomía intelectual. Así, incluso en la era digital, su mensaje conserva plena actualidad: el progreso del conocimiento sigue dependiendo, en última instancia, del trabajo personal y de la voluntad de aprender.

En un tiempo en que la educación corre el riesgo de volver a la prisa, a la superficialidad o a la mera acumulación de información, su voz sigue recordándonos que enseñar es, ante todo, despertar una mirada. Porque allí donde un estudiante aprende a observar por sí mismo, a cuestionar y a perseverar en la duda, comienza verdaderamente el conocimiento. Y es en este instante decisivo donde la enseñanza deja de ser transmisión y se convierte en creación.

Referencias bibliográficas

Ramón y Cajal, Santiago (1954). *Obras literarias completas*. Madrid: Aguilar S.A.

II Premio D. Santiago Ramón y Cajal, Catedrático de Histología, accésit · SEHIT · 2026

Santiago Ramón y Cajal y la enseñanza universitaria

José Enrique García-Mauriño Múzquiz

En el célebre discurso que pronunció Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) en 1900 a los estudiantes en el paraninfo de la Universidad de Madrid, en homenaje por la concesión del Premio Moscú, manifestó su gran compromiso y vínculo con la universidad: «[…] Mi fuerza fue el sentimiento patriótico; mi norte, el enaltecimiento de la toga universitaria […] Hijo soy de la Universidad; a ella le debo lo que sé y todo lo que valgo […]».

A pesar de que Cajal profesaba un gran afecto por la Universidad y fue su principal medio de vida, en sus memorias[1] se centra fundamentalmente en sus investigaciones y hace pocas referencias a su actividad universitaria.

La decisión de dedicarse a la universidad fue, en gran parte, por empeño de su padre, Justo Ramón Casasús (1822-1903), quien le inició en la anatomía. A pesar de que a Cajal se le asocia a la histología, la primera cátedra que consiguió fue en anatomía. Después de un par de tentativas fallidas, finalmente logró la plaza de catedrático de Anatomía General y Descriptiva en la Universidad de Valencia en diciembre de 1883. En aquella época la histología era una materia que estaba en auge y en plena expansión, al permitir profundizar y estudiar el organismo a un nivel microscópico, todo un mundo por descubrir. La Histología era asignatura del Doctorado, sólo impartida en la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Madrid, y su responsable era Aureliano Maestre de San Juan (1828-1890). Más adelante, se reformaron los planes de estudio en Medicina (publica-

do en la *Gaceta de Madrid* el 19 de septiembre de 1886) y la Histología pasó a formar parte de la Licenciatura en las diferentes facultades de Medicina de España. Gracias a esta reforma, Cajal logró ser el primer catedrático de Histología en Barcelona, plaza que consiguió en diciembre de 1887. Cuando en Madrid quedó vacante la Cátedra de Histología por la baja de Maestre de San Juan, Cajal fue su sucesor en febrero de 1892. En esta plaza permaneció hasta su jubilación en mayo de 1922.

Cajal tenía las ideas muy claras respecto a cómo tenía que ser la docencia de la Histología en particular, y de la medicina y educación universitaria en general. Era reacio al estudio memorístico y al aprendizaje de textos teóricos sin que el alumno adquiriese destrezas prácticas. Buscaba que el estudiante desarrollase un juicio crítico sobre lo que aprendía para que en un futuro fuese capaz de generar ciencia propia. En su discurso en la Universidad de Madrid en 1900, citado anteriormente, exponía: «trabajemos para que la Universidad sea lo que debe ser: tanto fábrica de ideas como foco de educación y cultura nacionales».

Como parte de su actividad universitaria, en septiembre de 1899 Cajal presentó la memoria[2] *Apuntes para un plan de reforma de la enseñanza en las Facultades de Medicina de España*, por encargo del entonces ministro de Fomento Alejandro Pidal y Mon (1846-1913). Gran parte de los cambios propuestos por Cajal se mantienen hoy en día. Tras recorrer diferentes universidades de Alemania, Inglaterra, Francia e Italia, y analizar los planes de estudio de diferentes universidades americanas, Cajal concluyó que la enseñanza de la medicina en España era «deficiente y poco en armonía con la fase actual de la ciencia». Entre otras muchas cosas, propuso que los servicios clínicos de hospitales universitarios fuesen cátedras y en el *curriculum* aconsejó incluir las asignaturas de Neuropatología, Psiquiatría, Otorrinolaringología, Oftalmología y Dermatología. Por otro lado, denunció la falta de medios, sobre todo de laboratorios y de información bibliográfica. Consideraba también como absolutamente necesario fomentar la investigación en las Facultades de Medicina españolas.

En su actividad docente universitaria, Cajal desarrolló y utilizó diferentes herramientas didácticas. La falta de textos de Histología en español le indujo a escribir un *Manual de Histología Normal y de Técnica Micrográfica*, publicado en 1889, y otro, *Manual de Anatomía Patológica General*, que vio la luz en 1890.

Cuando Cajal llegó a su ansiada Cátedra de Madrid en 1892, la

Facultad de Medicina estaba situada en la calle Atocha. Cada catedrático tenía su aula donde impartía las clases teóricas; la de Cajal, situada en la calle Santa Isabel, se conserva en la actualidad y está gestionada por el Ilustre Colegio de Médicos de Madrid. Respecto a la docencia práctica, apenas existía en aquella época. Cajal describe en sus memorias[1] que, recién llegado, el entonces decano Julián Calleja (1836-1913) le apoyó y construyó un «Laboratorio de Micrografía» (figura 1) con capacidad para trescientos alumnos, dotándolo con cuarenta microscopios y microtomos, entre otras cosas. Disponía además del «...viejo e imponente Ross, el *cañón* del laboratorio», un instrumento para proyectar imágenes. El soporte consistía en placas de cristal llamadas diascópicas (10×12 cm), muy utilizadas a finales del siglo XIX y principios del XX. Fue una de las primeras herramientas didácticas que permitieron proyectar imágenes para un grupo numeroso de individuos, eran en definitiva las diapositivas de la época. Existe una amplia colección de estas placas en el Departamento de Biología Celular e Histología en la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), entre las cuales hay numerosas imágenes (figura 2) correspondientes, entre otras, a figuras de la gran obra de Cajal *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*.

Otro de los recursos didácticos empleados por Cajal fueron los grandes cuadros policromados, donde sintetizaba y mostraba con gran fidelidad la realidad de las complejas estructuras que Cajal observaba al microscopio, con el fin de facilitar su mejor comprensión. Estas pinturas estaban expuestas en las paredes del Laboratorio de prácticas, como se aprecia en la figura 1. Fueron dibujados por Cajal y pintados por Ramón Padró Pedret (1848-1915). En la actualidad se conservan seis lienzos en el Departamento de Biología Celular e Histología en la Facultad de Medicina de la UCM. Un ejemplo de ellos, dedicado a la estructura del cerebelo, se muestra en la figura 3. Estos cuadros han sido recientemente restaurados y se puede tener más información al respecto en el libro titulado *Ramón y Cajal en el trazo. Redescubrimiento de las pinturas docentes de la Universidad Complutense de Madrid*[3].

Es sabido que la relación de los alumnos con Cajal era de profundo respeto y admiración. Un ejemplo de ello es la contribución que hicieron los alumnos de sexto curso de medicina para costear las insignias de la Gran Cruz de Isabel la Católica[4] que concedieron a Cajal en 1900.



Figura 1. Fotografía del Laboratorio de Prácticas de Histología en la Facultad de Medicina de la Universidad Central (calle Santa Isabel de Madrid), donde Cajal realizaba las prácticas de Histología y Anatomía Patológica. En las paredes están expuestos los cuadros que en la actualidad se encuentran en el Departamento de Biología Celular e Histología de la Facultad de Medicina de la UCM. Hoy en día, este espacio está ocupado por la Biblioteca del Ilustre Colegio de Médicos de Madrid. (Fuente: Legado Cajal CSIC, n.º 11397).

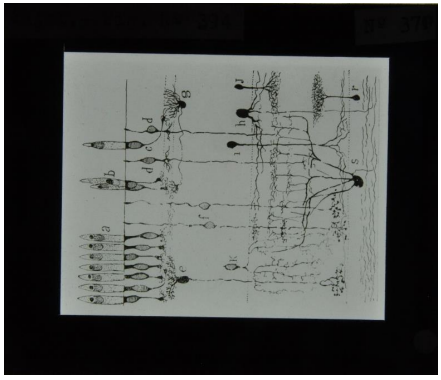


Figura 2. Placa diascópica de un dibujo de Cajal de la retina del libro Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados *(fig. 543).*

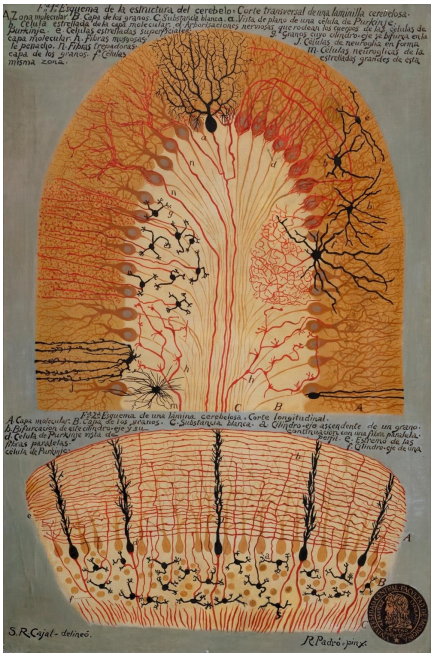


Figura 3. Cuadro de la estructura del cerebelo dibujado por Santiago Ramón y Cajal y pintado por Ramón Padró Pedret. Este lienzo estaba expuesto en la pared de la derecha en la imagen de la figura 1. Actualmente se encuentra en el Departamento de Biología Celular e Histología de la Facultad de Medicina de la UCM.

Pero hubo también desencuentros y protestas de los alumnos. Un caso documentado está en relación con la gestión de las prácticas[4]. En el curso de 1917 los estudiantes presentaron al decano —en aquella época era Ramón Recasens (1863-1933)— un escrito anónimo donde se quejaban de un cobro extra de 8,30 pesetas para sufragar los gastos de los reactivos utilizados en las clases prácticas de Histología y Anatomía Patológica. Consideraban que ya en la matrícula habían pagado 10 pesetas para tal fin. A los escritos presentados, Cajal respondió que, en el desarrollo de unas prácticas para 600 alumnos, en las que cada alumno realizaba un total de 30 preparaciones, de tejidos normales y patológicos, el presupuesto asignado por la Junta del material científico era insuficiente para la ejecución de unas prácticas completas. La respuesta del decano fue de apoyo a los alumnos: «las prácticas [...] tendrán que reducirse a lo que consientan los fondos disponibles para este concepto». Esto es un ejemplo más de la búsqueda de la excelencia por parte de Cajal.

El legado que dejó D. Santiago tras su paso por la Facultad de Medicina en la Universidad Central fue continuado primero por su colaborador más allegado, Francisco Tello Muñoz (1880-1958), y posteriormente por su también discípulo, Fernando de Castro Rodríguez (1896-1967).

Bibliografía

1. Ramón y Cajal S. *Recuerdos de mi vida: historia de mi labor científica*. Madrid: Alianza Universidad; 1981.
2. Ramón y Cajal S. *Expedientes administrativos de grandes españoles*. Vol. 2. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia; 1978.
3. García Fernández IM, editor. *Redescubriendo las pinturas docentes de la Universidad Complutense de Madrid*. Madrid: Ediciones Complutense; 2025. p. 21-28. ISBN: 978-84-669-3829-7. Disponible en: `https://www.ucm.es/edicionescomplutense/ramon-y-cajal-en-el-trazo`.
4. Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. `https://biblioteca.ucm.es/med/seleccion-de-documentos-de-su-etapa-como-profesor-de-la-universidad-central-1892-1922`

Fotos de familia



I Salamanca por Cajal y la Ciencia · Teatro Liceo, 10 de abril de 2024



II Salamanca por Cajal y la Ciencia · 25 de marzo de 2025 · Foto: JMGavilán



III Salamanca por Cajal y la Ciencia · Salamanca Tech Summit, 2026

Apéndice · Declaración de Salamanca por la Ciencia

Se reproduce a continuación, en su literalidad, la Declaración formulada en Salamanca el 10 de abril de 2024, el día del I Homenaje. El archivo digital del Legado la publicó el 13 de abril del mismo año. Se leyó en el homenaje de 2024 y de nuevo en el de 2025.

Declaración de Salamanca por la Ciencia

En la ciudad de Salamanca, el 10 de abril de 2024,

Los congresistas, participantes y adheridos al evento conmemorativo celebrado hoy sobre la figura de don Santiago Ramón y Cajal, con el amparo de la Universidad como *Alma Mater*, formulamos la siguiente declaración:

reconocer su grandeza como persona: honesto, generoso, hombre de familia, culto y practicante del arte y deporte, comprometido, defensor del débil, patriota y alentador de la educación en todos los niveles.

admirar su dimensión como investigador, con capacidad de generar ideas audaces, pensar en grande con rigor científico, y actuar como elemento catalizador de la ciencia de su época y ejemplo de compromiso con la investigación innovadora.

constatar la fructífera cosecha de inventos, investigaciones y reflexiones, singularmente sus descubrimientos sobre el sistema nervioso, que le hicieron merecedor del Premio Nobel en Fisiología y Medicina en 1906,[1] legado que fue acompañado de la forja de un impor-

[1] El nombre oficial del galardón es Premio Nobel de Fisiología *o* Medicina. Se respeta aquí la redacción del documento original. (*N. del E.*)

tante grupo de discípulos directos e indirectos, que fue el inicio de la Escuela Neurohistológica Española y de posteriores generaciones, impulsor de su propia disciplina y conexas.

INSTAR a los poderes públicos a facilitar la difusión de su figura y legado, que elevó la consideración de España como país investigador, marcó vocaciones y promovió instituciones de fecundos frutos, que se extienden hasta la actualidad.

RECORDAR que, tal y como enseñó, de palabra y obra, la investigación es la mejor inversión pública, que merece comunidad, atención, financiación y lucha por la excelencia.

APUNTAR la idoneidad de fijar la festividad de la Ciencia en España. Denominado Día de Cajal y de la Ciencia, para el día 17 de octubre, aniversario de su fallecimiento, y encarecer la importancia de alzar un Museo Cajal que sea referencia de su legado y trayectoria. Un Museo que fusione Ciencia y Arte, como hizo el propio Cajal, y que atraiga a los jóvenes para formar nuevas generaciones de investigadores.

Ana Isabel Morales Martín
Decana de la Facultad de Farmacia, 2024

Clara Isabel Colino Gandarillas
Decana de la Facultad de Farmacia, 2025