

Cajal, el cerebro complejo y la conciencia¹

FCO. JOSÉ HERNÁNDEZ RUBIO²

(Universidad de Murcia – Becario de Investigación FPU)

Este trabajo tiene como objetivo analizar las aportaciones de Santiago Ramón y Cajal a determinadas cuestiones filosóficas que tienen mucho que ver con el asunto de la complejidad, tema del III Congreso de la SAF. Estas cuestiones parecen a primera vista, cuando menos, precariamente relacionadas entre sí. ¿Qué tiene que ver el gran histólogo español con el pensamiento filosófico? Y más aún, ¿qué tienen que ver sus descubrimientos y reflexiones con el tema de la complejidad? Yo sostengo que mucho. Espero que para el final de esta exposición se comprenda por qué. La idea básica que quiero defender es que Cajal, con sus descubrimientos y reflexiones, en gran parte inspirados o basados en el interés filosófico acerca del origen y desarrollo de la conciencia, introdujo en neurociencia una nueva concepción del cerebro, en la que se presenta a éste como un órgano complejo, en el que los procesos de autoconstrucción y desarrollo son fundamentales de cara a la emergencia de sus funciones, y de la que quedan descartadas explicaciones simplistas y lineales, en clave localizacionista, de éstas; y lo que es más, con ello introdujo una novedoso enfoque del cerebro como una entidad esencialmente perfectible, perspectiva que perdura en nuestros días. Además, como señalaremos brevemente, las aportaciones de Cajal han inspirado interesantísimas aproximaciones actuales que, desde el campo de la neurología, se preguntan por el problema filosófico de la conciencia.

Comencemos por la primera cuestión. ¿Qué tiene Cajal que ver con la filosofía? Desde luego con esta pregunta no busco solamente una contestación que encuadre a Cajal dentro de encorsetados criterios de escuela o corriente filosófica; es ésta una labor doxográfica que, si bien puede resultar aclaratoria, en sí misma queda incompleta. Cajal fue, como prácticamente todo científico en el XIX, un positivista, pero eso sí, de corte claramente crítico, y se ha de sumar a esto el hecho de que en su pensamiento, además, se aprecian toda una amalgama de influencias, desde el evolucionismo hasta Schopenhauer, pasando por el pensamiento romántico, y un largísimo etcétera. Pero si nos quedamos en la mera descripción no avanzamos; Cajal no pasaría entonces de ser un exponente más de un positivismo trasnochado. Lo importante es que a Cajal le fue muy útil esta amalgama intelectual como inspiración tanto para sus investigaciones como para las reflexiones, valiosísimas

1 Este trabajo se inscribe en el marco de un Proyecto de Investigación (02913/PHCS/05) sobre pensamiento español, titulado «Tradición y Modernidad. Las bases filosóficas de la España contemporánea», financiado por la Fundación Séneca (Comunidad autónoma de la Región de Murcia) dentro de sus Planes de apoyo a la investigación en Ciencia Sociales y Humanidades.

2 fjhrubio@um.es

a nuestro juicio a nivel filosófico, de ellas inferidas. Y en el caso de Cajal, sus aportaciones tienen que ver con un campo clásico del pensar filosófico: la pregunta por la conciencia, que en el caso de Cajal se va a presentar en la reflexión, siempre con los pies firmemente plantados en el hecho histológico positivo, acerca de la esencia y dinámica del pensamiento. Gracias a sus investigaciones en este campo, Cajal abrió la posibilidad de llevar al terreno de la investigación científica un problema filosófico tradicional, hasta entonces pasto de la mera especulación.

Esta preocupación filosófica, como ya sostenía Laín Entralgo, fue central en el pensamiento de Cajal, ya desde sus años mozos en la universidad, en los que tenía por afición, entre otras cosas, leer autores idealistas como Fichte y Berkeley, y siempre le acompañó desde estos momentos hasta su dedicación a la histología del sistema nervioso, la cual, según Laín, vino a ser para él como una especie de tierra prometida³ en la que pudo dar satisfacción a buena parte de sus deseos intelectuales, siendo el más fundamental el interés por esclarecer el funcionamiento del órgano del pensamiento⁴.

¿De qué manera las investigaciones y descubrimientos cajalinos aportaron alguna novedad a la histología, a la concepción del cerebro y a la reflexión sobre la conciencia? Es menester realizar unas breves pinceladas históricas. Cajal es mundialmente conocido por descubrir que las células nerviosas, las neuronas, son unidades anatómicas y fisiológicas, y que, en vez de formar una red continua, actúan por contacto. En la década de los 50 el microscopio electrónico le dio la razón. Este descubrimiento parece a primera vista una cuestión de detalle para especialistas, pero conlleva una serie de importantísimas consecuencias que ahora vamos a explicar. La teoría dominante en este campo en los momentos en los que Cajal comienza a trabajar en exclusiva en la histología del sistema nervioso (en torno a 1888) es el *reticularismo*. Sus principales exponentes son Joseph Gerlach, el primer formulador y Camillo Golgi (que compartiría en 1906 el Premio Nobel con Cajal) su más ilustre defensor. Gerlach, pionero en materia de técnicas de tinción así como de la microfotografía, creó observar, en 1871, que la ramificación nerviosa forma una red continua por anastomosis, esto es, por fusión de tejidos. Golgi, gran inventor de técnicas de tinción, entre las que se encuentra la famosa impregnación en *nitrate de plata* (que más tarde Cajal utilizará de forma original y exitosa), pudo observar con gran claridad gracias a este método (por la *reazione nera*, que tiñe muy selectivamente a las células nerviosas en color negro) la anatomía de la célula nerviosa individual, y reformó las tesis de Gerlach sosteniendo que, si bien los axones sí terminaban libremente, la enorme ramificación dendrítica sí formaba una red continua, respondiendo ésta a un oficio nutritivo para los núcleos de las células.

Pues bien, la crítica de Cajal a este enfoque es de una importancia fundamental de cara a la concepción del mismo cerebro. Veamos por qué. Cajal conoció la técnica de tinción de Golgi

3 «Dos fueron, a mi juicio, –escribe Laín Entralgo– los motivos fundamentales de esa vigorosa y fértil pasión de Cajal por el sistema nervioso: en primer término, su curiosidad novelera y romántica –romántico positivista o positivista romántico, como se quiera, fue de por vida don Santiago– en torno a la esencia y al mecanismo del pensamiento humano; en segundo, su enorme sed de hallazgos personales inéditos». LAÍN ENTRALGO, P. «La obra de Cajal», en *España como problema*, Madrid, Aguilar, 1962, p. 297.

4 Leamos al propio Cajal, en los *Recuerdos*: «El problema nos atraía irresistiblemente: Adivinábamos el supremo interés que, para una psicología racional, tenía el formar un concepto claro de la organización del cerebro. Conocer el cerebro –nos decíamos en nuestros entusiasmos idealistas– equivale a averiguar el cauce material del pensamiento y de la voluntad, sorprender la historia íntima de la vida en su perpetuo duelo con las energías exteriores, historia resumida, y en cierto modo esculpida, en esas coordinaciones neuronales defensivas del reflejo, del instinto y de la asociación de ideas. Mas por desgracia faltábamos el arma poderosa con que descuarjar la selva impenetrable de la sustancia gris, esa constelación de incógnitas, como en su lenguaje brillante la llamaba Letamendi», CAJAL, *Recuerdos*, p. 384.

gracias a Luis Simarro, afamado neuropsiquiatra, quien, con motivo de la estancia de Cajal en Madrid en un tribunal de oposiciones a cátedras en la Facultad de Medicina en 1887, le mostró en su laboratorio privado unas preparaciones con esta técnica. Cajal en seguida comienza a usarla, y pronto se encamina a la dedicación exclusiva de histólogo del sistema nervioso. Pero esta técnica presentaba problemas. Si bien era extremadamente útil para observar la morfología de la neurona individual por ser una tinción extremadamente selectiva (puesto que hacía que la neurona individual resaltase en negro), era esta misma selectividad la que impedía seguir con claridad el densísimo bosque de conexiones neuronales; fue por ello una técnica poco usada fuera del marco investigador de Golgi y sus discípulos. Pero Cajal, gracias a sus conocimientos en materia de morfología comparada evolucionista concibió lo siguiente: haciéndose eco de la idea de que lo más diferenciado es ontológicamente posterior a lo más diferenciado, decidió usar esta técnica en embriones, donde, en efecto, encontró esa selva de conexiones bastante simplificada y, por tanto, era más sencillo seguirle la pista⁵. A partir de esto, Cajal, trabajando febrilmente en todo tejido nervioso habido y por haber, se lanzó en una cruzada de obtención de evidencias que defendiesen, frente al reticularismo, *la teoría de la neurona*: la teoría de que las neuronas son unidades tanto anatómicas como fisiológicas, y que, en vez de formar una red, actúan por contacto. Y es que además, para Cajal, el reticularismo, aparte de no casar con los hechos, fracasa a la hora de dar una explicación funcional coherente del sistema nervioso.

Ya hemos dicho que, según Golgi, todo el aparato dendrítico responde a la función de servir de cauce de alimento para el soma de las células nerviosas. Pues bien, Cajal piensa que toda esa tremenda variedad morfológica que se encuentra en el tejido nervioso tiene que tener un correlato fisiológico más complejo; no es comprensible que una variedad morfológica tan enorme responda a un oficio tan simple⁶. Pues bien, se descubrieron, en tiempos de las investigaciones de Gerlach, los impulsos nerviosos por parte de Dubois-Reymond y Bernstein, descubrimiento que perfila y aumenta el alcance de las investigaciones de Galvani en torno a la importancia fisiológica capital de los impulsos eléctricos para el movimiento de los músculos; Gerlach forjó su teoría reticular en parte inspirado por aquél entonces reciente descubrimiento. Pues bien, Cajal delata aquí una debilidad en la explicación reticularista. ¿Cómo explicar la funcionalidad de las corrientes si suponemos que, una vez excitado el tejido nervioso, éstas se pierden en un maremagno insondable de conexiones? Es preciso, según Cajal, que exista un régimen de conexión de neuronas, en virtud del

5 «El segundo camino ofrecido a la razón –escribe Cajal– constituye lo que, en términos biológicos, se designa método ontogénico o embrionario. Puesto que la selva adulta resulta impenetrable e indefinible, ¿porqué no recurrir al estudio del bosque joven, como si dijéramos, en estado de vivero?(...) Escogiendo bien la fase evolutiva (del embrión) (...) las células nerviosas, relativamente pequeñas, destacan íntegras dentro de cada corte; las ramificaciones terminales del cilindroeje (el axón) dibújansse 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. Para colmo de fortuna, la reacción cromo-argéntica, incompleta y azarosa en el adulto, proporciona en los embriones coloraciones espléndidas, singularmente extensas y constantes». RAMÓN Y CAJAL, S., *Recuerdos de mi vida*, Barcelona, Crítica, 2006, pp. 402-403.

6 «¡Cómo! –escribe Cajal en la *Textura*– ¿toda esa admirable arquitectura representada por las arborizaciones protoplasmáticas de las células de Purjink del cerebelo y por las pirámides cerebrales (que llenan con sus apéndices casi toda la trama gris), no tiene más fin que chupar jugos de los vasos y células neuróglícas para conducirlos al soma y a la expansión funcional?». RAMÓN Y CAJAL, S., *Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados*, Madrid, Imprenta de Nicolás Moya, 1899 (Edición Facsímil del Gobierno de Aragón), pp. 78-79.

cual las corrientes marchen siguiendo unas reglas⁷. Así forja la llamada teoría de la *polarización dinámica*, más tarde ligeramente revisada y rebautizada como *polarización axípeta*: las corrientes marchan en el cerebro siempre de las dendritas hacia el axón (y la mayor parte de los casos, pero no siempre, a través del núcleo), y nunca al revés. Esto conlleva una visión del cerebro compleja, sistémica: la variadísima morfología neuronal (lucidísimamente estudiada y bautizada por Cajal: *células bipolares, neuronas en cestillo del cerebelo, fibras trepadoras, células piramidales de la corteza*, y un largísimo etc.), lejos de ser meros caprichos de la naturaleza, responde a un interés funcional clarísimo: contribuir, cada elemento de su manera particular, la organización del sistema. Si es que suponemos que las corrientes tienen un correlato funcional, el reticularismo queda descartado. El conocimiento del régimen de conexión neuronal, es, pues, de importancia capital si es que queremos aprender algo de las funciones de éste, y a la larga, de la dinámica de la conciencia. Cajal incluso anticipó, casi proféticamente, la fecundidad de este enfoque⁸. La conciencia ya no será fruto de una localización particular, sino que las investigaciones apuntan que más bien ha de ser cosa del trabajo conjunto de los elementos de ese sistema.

Pero con ello Cajal sólo ha introducido una noción de cerebro complejo, digámoslo provisionalmente así, esencialmente estática. Será también obra de Cajal el abordar y caracterizar la dinámica de construcción de esa misma complejidad y el recalcar la importancia fundamental de este proceso de cara a la adecuada comprensión del sistema nervioso y sus funciones. Cajal, en su labor investigadora, también tuvo desde muy pronto interés por los fenómenos de la neurogénesis y regeneración/degeneración nerviosa. Como dice Francisco Tello, uno de sus más brillantes discípulos, fue precisamente la casualidad de su decisión de trabajar con embriones la que lo acostumbró a trabajar con ellos en diversas etapas de desarrollo y la que le llevaría de la mano, casi sin advertirlo, a la investigación de estos problemas, que a su vez iban a resultar también en sólidas defensas de la teoría neuronal⁹. Y es que Cajal de nuevo fue un pionero en este campo: descubrió (y bautizó con el nombre con que hoy se conoce) el *cono del crecimiento*. Observó que de las células nerviosas de embrión surge un pequeño cabo, que en el futuro será el axón, acabado en una especie de cono; lo verdaderamente interesante de este descubrimiento es el funcionamiento de tal cono, que Cajal, pese a las limitaciones técnicas de su época, describió de forma atinada (en nuestros días muy

7 Leamos cómo lo expresa Cajal: «Admitido el supuesto de la red, nada más fácil que el estudio objetivo de un grupo de neuronas o del comportamiento terminal de un manojo de conductores; redúcese todo a dar por averiguado que las últimas raicillas nerviosas, previas algunas dicotomías, se pierden en la consabida red intersticial; en esa especie de piélagos fisiológico insondable, en el cual, por un lado, desembocarían las corrientes arribadas a los órganos sensoriales, y de donde brotarían, por otro, a modo de ríos surgidos de alpinos lagos, los conductores motores o centrífugos. Comodín admirable, por que dispensa de todo esfuerzo analítico encaminado a determinar en cada caso el itinerario seguido a través de la sustancia gris por el impulso nervioso. (...) Sólo a fuerza de habilidades, de inconsecuencias, de subterfugios, podía la susodicha concepción (...) adaptarse a las exigencias de la fisiología, cuya doctrina de los reflejos, actos instintivos, localizaciones funcionales del cerebro, etc., demandan imperiosamente el señalamiento de vías o cauces de conducción, perfectamente circunscritos, a través del eje cerebro-raquídeo», CAJAL, *Recuerdos*, p. 412.

8 «El amplio horizonte —escribe Cajal en la *Textura*— que nuestra hipótesis, gracias a su flexibilidad, abre a la interpretación patogénica de las afecciones nerviosas, al dar como posibles, bien por consecuencia de la destrucción de la neuroglía separatoria de la expansiones, bien mediante dislocaciones accidentales de las superficies de articulación nervioso-protoplasmática, ora por ruptura de axones o apéndices protoplasmáticos(...), trastornos en las puertas de entrada de las corrientes, y, por ende, perturbaciones en el sentido, energía y congruencia de las mismas. ¡Qué de trastornos de la palabra, de la motilidad, de la asociación misma de ideas no hallarán cumplido esclarecimiento, si la Anatomía patológica, justificando nuestras presunciones, llega algún día a fijar para cada especie morbosa las supradichas alteraciones del régimen de conexión de las neuronas!», CAJAL, *Textura*, p. 87.

9 Véase TELLO, F., *Cajal y su labor histológica*, Madrid, Universidad central, 1935, p. 136.

refinada, claro está). El mencionado cono crece hasta encontrar dendritas de otras neuronas, que asoman cuando está muy cerca y con las que establece conexión; pero su crecimiento, si bien se encuentra guiado, no se encuentra determinado de forma rígida¹⁰. Cajal describió este proceso con las leyes de la *quimiotaxis*, es decir, sostuvo que ese cono, en vez de desarrollarse en el sentido de la menor resistencia, crecía guiado por una serie de marcadores químicos que lo atraían (cosa que se ha confirmado y refinado hasta el extremo hoy en día). Pero esa atracción suscitada en el cono no lo libra del azar, de los avatares que se encuentre en su camino, de su *historia* particular. Por decirlo al estilo de Jacques Monod, el desarrollo viene a ser una especie de mezcla entre azar y necesidad; ésta establece unas sólidas bases, aquél permite el ajuste fino.

Pues bien, en Cajal este descubrimiento e hipótesis son tempranos en su labor investigadora, ya los trabaja desde 1890, pero no será hasta 1903, cuando Cajal cuente con su modificación personal del método de Golgi, el *proceder de doble impregnación* o *método del nitrato de plata reducido*, que permite trabajar con embriones en un estado de desarrollo más temprano que el método anterior. Pues bien, tal interés tendrá Cajal en estas cuestiones que las trabaja desde 1903 hasta 1912, hallando una gran cantidad de hechos a favor de sus tesis, así como interesantes hechos nuevos. Así, uno de los descubrimientos más importantes de este período, cuya influencia también llega hasta nuestros días, son las primeras pinceladas de la llamada *teoría neurotrópica*; Cajal, con inteligentes experimentos, ya comprobó que la hasta entonces supuesta imposibilidad de la regeneración nerviosa en la corteza responde, no a una naturaleza irregenerable, sino a una serie de sustancias que están ausentes allí, que en principio podrían ser sintetizadas y aplicadas¹¹. Descubrió también que la regeneración nerviosa se lleva a cabo sólo a partir del axón seccionado, del que brota un nuevo cono buscador; esto es de una gran importancia, porque revela la naturaleza compleja del sistema nervioso: cuando éste es dañado, en vez de regenerar órganos o partes especiales, lo que intenta realizar son conexiones nuevas, con el fin de intentar reequilibrar el sistema. La teoría neurotrópica defiende que un adecuado conocimiento y aplicación de las sustancias químicas podrían facilitar ese proceso. A esto se debe sumar que, con estas investigaciones, Cajal descubrió también la notable aptitud del sistema nervioso para adaptarse a condiciones nuevas; ya Cajal adelantó la importancia del ejercicio de cara al restablecimiento funcional, perspectiva que hoy se sigue explotando en investigaciones de fisioterapia. Según el neurólogo Alberto Portera, gracias a Cajal la neurociencia actual puede considerar que:

«además de la inherente capacidad cerebral de restaurar, total o parcialmente, ciertas funciones perdidas, se supone que la programada repetición de una función neuronal debilitada crea nuevas conexiones interneuronales en la corteza motora o se ponen en marcha sistemas en estado latente o varicante»¹².

10 «Los precedentes hechos —escribe Cajal en los *Recuerdos*— enseñan que la morfología de las células nerviosas no obedece a causa inmanente y fatal, mantenida por herencia, como ciertos autores han defendido, sino que depende enteramente de las circunstancias actuales físicas y químicas del ambiente», CAJAL, *Recuerdos*, p. 685.

11 Así lo expresa Cajal: «Tales hechos, de gran trascendencia biológica, refutan definitivamente el dogma, generalmente admitido, de la irregenerabilidad esencial de las vías centrales. Tamaña incapacidad productiva constituye propiedad contingente y adventicia, motivada, según dejamos dicho, por la ausencia irremediable, dentro de la sustancia blanca y gris, de fuentes secretoras de agentes catalíticos o materias orientadoras», CAJAL, *Recuerdos*, p. 681.

12 PORTERA, A., «Cajal y el cerebro plástico», en *Revista española de patología*, 2002; 35 (4), p. 371.

En definitiva, la nueva visión que Cajal introduce del cerebro queda de esta guisa: éste es un sistema complejo de conexiones, altamente organizado, y en el que los procesos de desarrollo, mezcla de azar y necesidad, son cruciales para comprender la naturaleza y funciones de ese sistema. Y es que una de las más funestas consecuencias del reticularismo es que, al presuponer una red preformada en la sustancia nerviosa, se presupone una esencial invariabilidad de nacimiento en materia cerebral, y por lo tanto, en aptitudes mentales. Por así decir, seríamos esclavos de por vida de esa configuración originaria. Sin embargo, la visión cajaliana, al concebir el cerebro como un sistema de conexiones cuya característica fundamental, sobre todo en el momento del nacimiento, niñez y juventud, pero en cierta medida en toda la vida, es el *reajuste*, no nos encierra en una inevitabilidad de nacimiento y resalta la importancia de la dinámica autoconstructiva de ese cerebro. Ciertamente es que nacemos con ciertas aptitudes que nos hacen ser más o menos inteligentes, tener mejor o peor memoria, etc., y cierto es también que los mecanismos neuronales de la conciencia entendida como voluntad superan con mucho las posibilidades que ofrece la investigación científica en tiempos de Cajal (y todavía en los nuestros), pero lo que para el gran histólogo aragonés está meridianamente claro es que la voluntad, merced a la flexibilidad que sus estudios histológicos han revelado en el cerebro, puede representar un gran papel en la configuración de ese sistema. Una voluntad bien templada puede reforzar la realización de actos que fomenten conexiones neuronales positivas, y lo contrario sucede con una voluntad endeble. El gran corolario de las investigaciones cajalianas es que el cerebro, y, por tanto, el hombre, son esencialmente *perfectibles*; ello es posible por que una parte crucial de la dinámica de éste, merced a su complejidad auto-constructiva, se nutre de procesos de *epigénesis*, es decir, que van más allá de la genética, de la, digámoslo así, dotación germinal, los cuales urgen traer a colación, junto con el componente hereditario, la historia individual del desarrollo de cada organismo para la adecuada comprensión de sus funciones.

Las investigaciones y reflexiones de Cajal, lejos de poseer un mero interés doxográfico, poseen aún plena vigencia y actualidad. Tras sus investigaciones vinieron el microscopio electrónico, el descubrimiento de los genes y un cada día más refinado conocimiento de su funcionamiento y una interesante y prometedora nueva constelación de disciplinas englobadas bajo la ciencia cognitiva. Ello ha hecho necesario un refinamiento excelso y replanteamiento de las cuestiones, así como una ampliación de horizontes en los debates, pero en esencia las aportaciones cajalianas siguen vivas; hay autores que, haciéndose cargo de las novedades científicas que desde los tiempos de Cajal han aparecido, han tomado el testigo directo de sus investigaciones. Mencionaré muy brevemente, dada la falta de tiempo, a dos de esos autores, que considero especialmente relevantes, puesto que, al mejor estilo cajaliano, acompañan siempre sus investigaciones con la interrogación filosófica en torno a la conciencia (ésta siempre de la mano de aquéllas): G.E. Edelman¹³, eminente neurólogo y Premio Nobel, y J.P. Changeux¹⁴, brillante biólogo molecular y neurbiólogo del Instituto Pasteur.

Edelman toma el testigo de Cajal directamente, desarrollando la idea de conectividad cerebral. Para Edelman, en el estudio neurológico es menester preguntarse, en contra de los presupuestos conductistas, por la naturaleza de la conciencia; considera que esa pregunta puede encauzar beneficiosamente, si se plantea adecuadamente, las investigaciones. La conciencia, según él, es, no una cosa o *res*, sino un *proceso* de tal índole que aúna *integración* y *diferenciación*: el proceso consciente es a la vez enormemente integrado, en el sentido de que la experiencia consciente se nos presenta como, por así decir, *multimedia* y sin fisuras, y a la vez muy opulento fenomenológico.

13 Véase EDELMAN, G.E. y TONONI, G., *El universo de la conciencia*, Barcelona, Crítica, 2002.

14 Véase CHANGEUX, J.P., *El hombre neuronal*, Madrid, Espasa, 1985.

gicamente, dado el grado de detalle y gigantesca posibilidad de discriminación en cada uno de los estados conscientes. Pues bien, Edelman sostiene que en la dinámica cerebral existen unos correlatos de conectividad cerebral que darían cuenta de esas propiedades esenciales de la conciencia. Esos circuitos están comunicados entre sí por un proceso que Edelman denomina *reentrada*: un proceso de comunicación recíproca y sincrónica que hace posible que diferentes grupos neuronales, pese a mantener cada uno su actividad, comuniquen mutuamente información, y con ello influyan y sean influidos por otros. Así, existe en el cerebro un complejísimo grupo neuronal, una especie de súper-sistema, que Edelman denomina el *núcleo dinámico*, que no es sino el resultado, gracias a la reentrada, de la orquestación de la gigantesca variedad de actividad de una miríada de grupos neuronales de las regiones tálamo-corticales, en los que se registren, según dice Edelman, altos valores de complejidad. De esa complejidad auto-orquestada por la reentrada emerge, a juicio de Edelman, el proceso consciente junto con los *qualia*, sin necesidad de suponer un orden superior, un fantasma en la máquina que todo lo rija, un director de orquesta, ni tampoco de tener que caer en un simple localizacionismo. Veamos cómo lo expresa Edelman:

«Una implicación clave de nuestra hipótesis es que el espacio neuronal de referencia legítimo para la experiencia consciente, cualquier experiencia consciente, incluida la del color, no viene dado por la actividad de un grupo particular de neuronas (por ejemplo, un grupo de neuronas que responden ante el color, como en la hipótesis un grupo neuronal) /un quale), ni siquiera por un subconjunto pequeño de grupos neuronales(...), sino que viene dado por la actividad del núcleo dinámico entero»¹⁵.

Desgraciadamente no hay tiempo de entrar más en detalle en esta cuestión, porque es en grado sumo interesante y muy abierta al debate; baste señalar que, pese a que Edelman va muchísimo más lejos que Cajal, su investigación se alza sobre el presupuesto de la utilidad funcional de la arquitectónica conectiva del cerebro.

Si Edelman trabaja a partir de la idea de conectividad, J.P. Changeux forja su teoría, *la epigénesis de las funciones cerebrales por eliminación selectiva de sinapsis*, partiendo del nuevo campo que las investigaciones neurogenéticas de Cajal, junto con los estudios en materia de regeneración/degeneración nerviosa trajeron a la neurociencia. Changeux, perfectamente informado en materia de genética, considera que, si bien los genes son fundamentales en el desarrollo, existe en el sistema nervioso un importante margen de variabilidad, sobre todo en lo tocante a su estructura fina (formación y geometría de las conexiones), cuyo ajuste y, al mismo tiempo, entrada en función se lleva a cabo de forma epigenética, esto es, de la confrontación de ese material genético con la experiencia. Es más, ese margen de invariabilidad, según Changeux, hace crecer el margen de irreproductibilidad conforme se estudian comparadamente los sistemas nerviosos desde los invertebrados al los vertebrados, llegando a su máxima expresión en el hombre¹⁶. Changeux cree, con Cajal, que del funcionamiento del cono del crecimiento surge una importante variabilidad; no obstante, el argumento más fuerte que Changeux utiliza para defender su teoría son los procesos de regeneración y muy especialmente de degeneración del sistema nervioso.

15 EDELMAN, *Op. Cit.*, p. 201.

16 «La evolución del sistema nervioso –escribe Changeux– va acompañada, pues, de un aumento de la franja de «irreproductibilidad» entre individuos genéticamente idénticos. Esta franja escapa al simple determinismo génico. (...) Desde los mamíferos primitivos al hombre, la envoltura genética se abre a la variabilidad individual», CHANGEUX, *El hombre neuronal*, p. 242.

Según Changeux, la arborización sináptica en el embrión es *redundante*, esto es, crea muchas más conexiones de las que necesita para ejercer las funciones. Esto lo muestran estudios embriológicos comparados del sistema nervioso, en los que se comprueba la muerte y desaparición de muchas células y conexiones que, encontrándose en el embrión, desaparecen en el adulto. Pues bien, es la actividad *espontánea* del embrión la que, desde muy temprano, pone en marcha un proceso de poda de esa sobreabundancia conectiva, seleccionando y estabilizando conexiones, al tiempo que se eliminan otras. Este es un proceso que, si bien en ningún momento está, por así decirlo, «descarnado» con respecto a la influencia genética, es de índole diferente. El organismo (y, a juicio de Changeux, el sistema nervioso) desarrolla sus funciones *al mismo tiempo* que las pone en práctica y se desarrolla a sí mismo. Los genes proveen una especie de esquema preliminar, de importancia decisiva, pero que luego, para que emerja la función, ha de ser ajustado en la práctica. La naturaleza de ese ajuste no es ya genética, sino epigenética, puesto que abre paso a la confrontación del organismo con el medio, de la cual emergen formas nuevas. Como dice Changeux, en cierto modo *aprender es eliminar*, esto es, seleccionar y estabilizar unas conexiones, y eliminar otras. Las funciones cerebrales emergerían de ese proceso de epigénesis, asegurando, siempre a partir de lo ofrecido por los genes, la irrepetibilidad de cada individuo. No cabe duda de que Cajal hubiese suscrito las siguientes palabras de Changeux:

«Esta variabilidad del fenotipo es intrínseca. Es el resultado de la historia concreta de las divisiones y migraciones celulares, de la navegación del cono del crecimiento y de su escisión, y de los fenómenos regresivos y de estabilización selectiva que no pueden ser exactamente los mismos de un individuo a otro, aunque éstos sean genéticamente idénticos. (...) A este respecto, el cerebro del hombre no es comparable a un millón de ganglios abdominales de aplisia yuxtapuestos, en los cuales la mayoría de las neuronas se puede numerar y clasificar»¹⁷.

Las reflexiones y aportaciones de Cajal, como vemos, han sido continuadas y en esencia siguen vigentes. Pero, ¿qué nos queda, después de todo esto, de la cuestión filosófica de la conciencia? ¿Qué luz aporta ese cerebro complejo al problema de la conciencia? Aunque es cierto que las investigaciones avanzan a un ritmo impresionante, y se han realizado grandes avances en la comprensión de la conciencia, llamémosla, secundaria (el tradicional *darse cuenta*), sobre todo en lo tocante a la neurología de la visión¹⁸, la autoconciencia, entendida en el sentido de la voluntad y libertad del hombre, continúa suscitando tantos misterios como en los tiempos del gran histólogo español. Pese a que, como hemos visto, no faltan tentativas propuestas desde enfoques situados en marcos teóricos novedosos, aquéllas siguen resistiéndose a meras explicaciones mecánicas. Por eso podemos decir que la emergencia de la conciencia, uno de los grandes misterios que cita Cajal en *Los tónicos de la voluntad*, pese a todos los tanteos, todavía se nos resiste. Pero ello no es excusa para detener la investigación. También en esto podemos aprender de Cajal: ante los misterios no hay que atemorizarse ni venirse abajo. Antes bien, deben ser motivo de activación de nuestra curiosidad, hay que aprovecharlos como *dinamógenos* del deseo de saber. Y aunque el misterio perdure, tenemos a

17 *Op.Cit.*, p. 286.

18 A este respecto, véase KOCH, C., *La conciencia. Una aproximación neurobiológica*, Barcelona, Ariel, 2005, donde se realiza un ameno y a la vez riguroso repaso de las últimas investigaciones neurológicas en materia visual, incluyendo los casos de neuropatologías de la conciencia visual.

mano pistas que podemos desarrollar. Una de esas pistas bien puede ser la idea de *epigénesis* de la conciencia. A nuestro juicio, esta idea nos puede hacer conscientes, en nuestras investigaciones, de dos cosas, que Cajal supo ver con gran inteligencia, y que gracias a la novedosa visión compleja del cerebro pueden ser planteadas en términos muy fructíferos.

Primero, la conciencia no aparece de golpe ni en la naturaleza ni en el marco filogenético. No aparece en el hombre de repente, sin más, sino que observamos una gradación en la escala natural. Estudiar su evolución, su historia, puede ser clave de cara a su comprensión; y lo que es más importante, esta idea nos puede hacer caer en la cuenta de que la conciencia es un producto evolutivo, vale decir, ha sido seleccionada naturalmente por ser *eficaz*, idea que explícitamente defiende Edelman¹⁹. La naturaleza, como el aficionado al bricolaje, va trabajando con lo que tiene a mano, eso sí, sin ninguna prisa ni plan de diseño. En la naturaleza, como sostiene François Jacob, la novedad va surgiendo y formándose como las muñecas rusas, o, por decirlo con una metáfora geológica, mediante la superposición de estratos, primero físicos, luego químicos, geológicos, biológicos. La conciencia no es ajena a este proceso. Es menester desentrañar y conocer esos «estratos» de la conciencia si es que queremos comprenderla.

Segundo, la conciencia tampoco aparece de golpe en el marco ontogenético. Es menester atender al surgimiento de la conciencia como un proceso a la vez de desenvoltura y de pulimento desde el embrión hasta, por qué no decirlo, la muerte. Fue, ya se ha dicho, la tesis de Cajal. Esta tesis nos hace, en el fondo, finalmente responsables de nuestra propia arquitectura neuronal e incluso de nuestra propia ignorancia.

Y es que Cajal, con sus ideas, ha abierto en la ciencia, y no sólo del cerebro²⁰, la posibilidad de un *nuevo humanismo*, la posibilidad de una ciencia que no esclavice ni al hombre, ni a la vida, ni al universo; un humanismo no fundado ya en panaceas universales ni en prédicas trascendentes, sino en el estudio experimental. Como bien sostiene el neurólogo Antonio Damasio, el estudio de las bases neurológicas de la conciencia y su eventual comprensión no tiene por qué disminuir ni un ápice su valor; ni el amor dejará de ser menos valioso, ni el altruismo menos meritorio, ni la maldad menos censurable²¹. Por eso, aunque el problema de la conciencia sea esquivo, mientras investigamos, mientras reflexionamos y se

«alborea el ansiado ideal, el mundo se dulcificará gradualmente para el hombre. La naturaleza nos es hostil porque no la conocemos: sus crueldades representan la venganza contra nuestra indiferencia. Escuchar sus latidos íntimos con el fervor de apasionada curiosidad, equivale a descifrar sus secretos: es convertir la iracunda madrastra en tiernísima madre»²².

19 EDELMAN, *El universo de la conciencia*, p. 32.

20 Véase a este respecto MARIJUAN, P. (ed.), *Cajal and Consciousness. Scientific Approaches to Consciousness on the Centennial of Ramón y Cajal's Textura*. Annals of NY Academy of Sciences, Vol. 929, 2001; en este congreso, celebrado en 2002 debido al 150 aniversario del nacimiento de Cajal, se reunieron, dando testimonio de las profundas e influyentes implicaciones tanto científicas como filosóficas del trabajo del gran histólogo aragonés, neurólogos prestigiosos, como Singer, Changeux, Edelman, Arbib, entre otros; biólogos, como Jacob y Margulis; expertos en computación (Penrose, Hameroff, Zadeh); y afamados físicos, como Gell-Mann y Morowitz, quienes unieron sus esfuerzos para abordar el problema filosófico crucial de la conciencia.

21 DAMASIO, A., «Creación cerebral de la mente», *Investigación y Ciencia*, Temas, 28.

22 RAMÓN Y CAJAL, S., *Recuerdos*, p. 737.