

LA CONTRIBUCION DE CAJAL A LA HISTOLOGIA NERVIOSA

POR

ENRIQUE ENCINAS.

Con la ceremonia que bajo los altos auspicios de la Universidad se realiza hoy, el Perú, rinde tributo de admiración a la esclarecida memoria de una de las más destacadas figuras de la historia de la cultura española contemporánea; don SANTIAGO RAMON Y CAJAL, sabio histólogo, cuya obra sin paralelo, es un elevado testimonio del esfuerzo humano al bien universal, pues en los campos que dominó no hay antes de la suya obra que se le compare, ni esfuerzo creador más digno de admiración por sus doctrinas, métodos y testimonios. Tarea de toda una vida, porque acaba, sólo poco antes de la muerte. Diríase la obra de uno que acometió la empresa de trazar en el mundo un horizonte que los tiempos amplían, y los hombres.

El empeño humano por descubrir los secretos del pensamiento es, y seguirá siendo tenaz, diríase eterno. Dura lo que la inquietud de cultura tiene de vida, y seguirá así mientras haya un soplo que anime una existencia. Porque, es tal el régimen de sus funciones y estructuras, y tal el modo de sus demandas y sesgos, que desde la época caldea hasta ahora, continúa preocupando a la humanidad, el cómo y el con qué se piensa, y actúa, y el porqué nuestra esencia, desde niveles que la lógica cubre amplia, desciende hasta los de la obscuridad y desvarío. CAJAL es la luz que alumbra esta escena de

la inquietud humana contemporánea. Al revisar su obra se detiene el espíritu con asombro ante testimonio de tal grandeza, y significación universal. Sesenta años de una tarea sin descanso : valiosos tratados, monografías científicas, acopio de técnicas, sendas nuevas para la inacabable cultura del hombre.

Acometer una tarea como la que dá materia a este trabajo es empeño por esto delicado, pero también de provecho y placer singulares : recrease el espíritu con la revisión de los testimonios básicos de la ciencia que cultiva, y con la verificación y rectificación de sus nexos con lo que sobre el particular hay en el haber actual. La tarea además tiene el atractivo del regreso a la doctrina y al vínculo que le dió apropiado y oportuno pábulo; de regreso y revisión de la vida de un hombre que tanto logró en el mundo del pensamiento.

Para llenar este cometido que cumple formalizarse en esta ceremonia, era necesario el estudio del hombre y de su obra. Por fortuna ambos quedan en el testimonio impreso de quién los vivió, y dió singular rumbo y término. Revisarlos en la intimidad sólo, para satisfacción y provecho propios, sin reactualizarlos siquiera en lo de mayor significación, habría sido abandonar al viento una fórmula, un recuerdo más formalista y ceremonioso, realmente encaminarse a volver a olvidarle.

Esta semana conmemorativa adquiere por esto contenido especial por que abre las puertas de una conquista científica clásica, que debiera cultivarse con celo mayor, por que es encaminante, documentada, y básica.

No se pueda pasar por la obra de CAJAL superficialmente, con criterio sólo histórico : su tarea es actualísima, casi cotidiana, por el sesgo que va tomando la investigación en los terrenos que fueren del dominio y pensamiento constantes del gran español. Su obra, en lo objetivo es incontrovertible, en su significación universal; a ella tendrán que recurrir los microfologistas de todas las épocas, pues hasta en sus sistemas de logros es de tal seguridad, originalidad y belleza, que incluso el oro, la plata, y el uranio, por virtud de sus manos y técnicas, al impregnar la substancia nerviosa, adquieren valimento mayor que el diario y transeúnte.

En lo posible la obra de CAJAL ha sido revisada en este ensayo, que por fuerza tiene que ser incompleto. Una especial penetración y enlace con lo actual del conocimiento pertinente corre en gran parte de sus acápites, aunque no en la forma deseada, que será materia de otro.

Rendimos hoy con este bosquejo respetuoso y hondo homenaje de admiración a la alta memoria de quién como él pasó por el mundo con tanta grandeza.

Cuando se preparaba para el grado de doctor en Medicina, en Madrid, tuvo oportunidad de ver por primera vez, unos preparados microscópicos que le mostró el DR. MAESTRE DE SAN JUAN y sus ayudantes, y decidió organizar en Zaragoza un Laboratorio Microscópico, y lo hizo, adquiriendo al efecto, de París, y con los escasísimos ahorros logrados de su viaje a Cuba, un microscopio Verik, un micrófono Ranvier, una "tournette" o rueda giratoria. Eran tiempos en que se menospreciaba la investigación microscópica, juzgándola perjudicial al proceso de la Biología: los misoneistas del magisterio —dice CAJAL— consideraban pura fantasía las maravillosas descripciones de las células y de los parásitos, y refería que en aquella época cierto catedrático de Madrid, que jamás quiso asomarse al microscopio calificaba de "anatomía celestial" a la anatomía microscópica".

Este fué el comienzo de la vida científica del genial español, de aquella época que CAJAL calificaba de quimérica, de "fabricación" de la histología española, a despecho de la indiferencia cuando nó de la hostilidad del medio intelectual.

De flojos fueron considerados sus dos primeros ensayos: "Investigaciones experimentales sobre la inflamación del mesenterio, la córnea y el cartilago", fué su primer trabajo aparecido en 1880, ilustrado con algunos grabados de su mano; y el segundo de "mayor enjundia", titulado "Observaciones microscópicas sobre las terminaciones nerviosas en los músculos voluntarios", también ilustrada por él. Con esta investigación, se inicia, en la técnica en boga en aquella época, del cloruro de oro y del nitrato de plata ordinario, y en el estudio de los secretos de la estructura del sistema nervioso. Fruto primero que le merece y —recuerda en sus memorias— severa crítica, por los resultados, y por los sistemas empleados, achacando a petulencia buena parte de sus conclusiones. Pero había penetrado en la investigación: la obra aquella, ya era de buena especie, por la técnica y los juicios que le merecen. Convino sin embargo en que era preciso integrarla con el recurso de fuentes de información de mejor jerarquía, desconocidas en el ambiente, y con la necesidad de darles conveniente publicidad. Tres fueron sus principales libros de consulta entonces: "Hand-

buch der Lehre der Gewebe", de STRICKER; "Lehrbuch der Neurologie" de SCHWALBE, y "Anatomie der Sinnesorgane", del mismo.

Pero acontece en estas circunstancias su viaje a Valencia en los primeros días de Enero de 1884, la toma de posesión de la cátedra de Anatomía en la Facultad de Medicina de aquella ciudad, la paternidad de su tercer hijo, y la famosa epidemia de cólera que azotó la mencionada ciudad levantina, hecho que nos ha de permitir conocer otro sesgo de su personalidad.

La epidemia fué una de las más graves, por su extraordinaria mortalidad; y, como apareciera aquella vez un médico tortosino, FERRAN, afirmando los resultados favorables de una vacuna preventiva de su invento, procedimiento que había provocado desacuerdo en la opinión de los médicos de la ciudad, y de España, el Ayuntamiento de Valencia, conocedor de la obra ya importante de CAJAL, lo comisionó para que estudiara el tema. Lo hizo, logrando resultados valiosos en la epidemiología, y bacteriología del cólera, trabajo que publicó en la "Crónica Médica de Valencia", con el nombre de "Contribución al estudio de las formas involutivas y monstruosas del coma-bacilo de Koch" (20 de Diciembre de 1885). Este estudio pasó inadvertido no sólo por el prejuicio reinante en España de que no podía realizarse investigación científica, sino por la atmósfera desfavorable que entre los técnicos extranjeros había causado la actitud de FERRAN de mantener en secreto la preparación de su vacuna, aparte de otros errores. La diputación de Zaragoza, agradecida por el celo con que había contribuido CAJAL a la solución del problema, le hizo el gran regalo de un magnífico microscopio "Zeiss", con un lente de inmersión de 1.18, instrumento que le sirvió muchísimos años, y con el que logró más de una de sus conquistas .

En los años siguientes, 1885-1888, con mayor dominio de sus conocimientos, continuó con pasión el estudio de los tejidos. Fruto de aquella época fueron : "La estructura del cartílago", "La estructura de la lente del cristalino"; y, en particular "La estructura de la fibra muscular de los insectos y de algunos vertebrados". Da curso a la vez, al aspecto doctrinario de su empeño, publicando, con la cooperación del activo editor DR. PASCUAL AGUILAR, la obra extensa que apareció en fascículos, de "Histología y Técnica Micrográfica", tarea que desarrolló no sólo con el propósito de reunir el material de sus investigaciones, sino con el de contribuir a la enseñanza de la materia, con testimonios más al alcance de los estudiantes, y, de acuerdo con el adelanto de la disciplina de entonces.

Contemporáneamente, en estilo que califica de "joco-serio", y "filosófico-científico", muy a la manera frondosa y bejucal del gran Castelar de su tiempo, publica con el pseudónimo terrible de "Bacteria", unos artículos de vulgarización histológica con el título de "Las maravillas de la Histología", en la revista médica "La Clínica", que se reprodujeron, en la "Crónica de Ciencias Médicas de Valencia". Para apreciar aquel estilo va aquí una muestra: "La contracción amibcide que permite al leucocito errante abrir brecha a la manera del preso que lima las rejas de su cárcel; los campos traqueales y laríngeos, sembrados de pestañas vibrátiles que, por virtud de secretos impulsos, ondean cual campo de espigas al soplo de la brisa invernal; el incansable latiguillo del zocpermo, corriendo desalentado hacia el óvulo, imán de sus amores", etc. Pero, a pesar del acierto con que bajo esta hojarasca juzga muchos móviles de la vida, se curó —dice— "a tiempo, de estos empalagosos lirismos, confesándose abiertamente contrito de ellos".

A raíz de sus primeros hallazgos, y en particular de la publicación de su "Histología y Técnica Micrográfica", encuentra que "es conveniente sentir en carne propia el cincel de la crítica ajena, que hiere, ruda y ásperamente, pero que moldea y embellece la estatua intelectual", y decide aceptar la colaboración que para su revista "International Monatschrift für Anatomie und Physiologie" le pide M. W. KRAUSE, histólogo célebre de la Universidad de Göttingen. CAJAL le envía, desde Valencia, y con intervalo de dos años, dos monografías ilustradas con dibujos; una que lleva por título "Contribution a l'étude des cellules anastomosés des epi.heliums pavimentaux" y otra (1888) con el de: "Observations sur le texture des pattes et des ailes des insects". A pesar de haber trabajado en la recolección del material del tema y en su correspondiente elaboración cerca de dos años, y, de reconocer que quedaron establecidos singulares hechos en la histología, admite, que no esuvo acertado en sus interpretaciones.

PRIMEROS RESULTADOS EN LA TEXTURA NERVIOSA. EL CEREBELO

Siguiendo este camino de la exploración sistemática, llegó al sistema nervioso, "esa obra maestra de la vida" como la llama. Lo examinó febrilmente en los animales teniendo por guía los libros de MEYNERT, LUYS, SCHWALBE, y en particular los incomparables de RANVIER, de cuya ingeniosa técnica se sirvió. Por ese entonces los métodos en uso, las tinciones de las fibras mielínicas por el método de Weigert

con la hematoxilina, en cortes seriados, no permitían un examen conveniente del origen, y curso de los sistemas de fibras, ni de la manera de establecerse de los vínculos intercelulares, ni de la apreciación, minuciosa, de lo que hay entre los grandes elementos de la substancia gris, ni de sus relaciones. Se valían los benedictinos de aquella época del método del aislamiento elemental por medio de las agujas; pero si bien en ciertos centros, este procedimiento podía considerarse viable, no en todos, que por lo finísimas de sus estructuras, escapaban a semejante portento técnico, la retina por ejemplo. Y ni aún así podía aproximarse a lo que era singular preocupación de la época; y de que se contagió CAJAL, y que era, la manera como se transmite la corriente nerviosa desde una fibra sensitiva a una motora. Las texturas que le interesaban aquella vez, escapaban al método en boga de entonces. Preciso era, por consiguiente buscar otro; y ya lo había, sólo que, ni CAJAL lo sabía, encerrado como estaba en su rincón, ni los sabios de la época. Se trataba del procedimiento que la casualidad había puesto en manos de CAMILO GOLGI, eximio histólogo de Pavia, mediante el que el protoplasma de las células nerviosas poseía "el precioso atributo de atraer vivamente el precipitado de cromato de plata" procedimiento que no sólo permitía ver el cuerpo de la célula nerviosa, sino, y en particular, sus más finas prolongaciones. Fué L. SIMARRO, afamado psiquiatra valenciano, el primero que le mostró a CAJAL preparaciones teñidas con este procedimiento, que puso en sus manos el libro de GOLGI, y que le mostró unas excelentes preparaciones logradas con el método de Weigert-Pal.

Cuando volvió a Valencia, empleó con todo éxito el método de GOLGI, en unión del DR. BARTUAL, comprobando todos los hallazgos del sabio italiano en el cerebro, cerebelo, médula espinal, etc., pero sin ningún hecho más. Fué entonces que imaginó experimentarlo en los animales inferiores, y, en las fases tempranas del desarrollo ontogénico de los animales superiores, "tarea que cumplió con tal perseverancia, entusiasmo y éxito, que superó sus esperanzas". En estas circunstancias se dirigió a Barcelona para presentarse al concurso de la asignatura de Histología Normal y Patológica, que ganó. Y fué en la ciudad condal, año de 1888, donde vivió su "año cumbre", "su año de fortuna" donde la nueva verdad —dice— "laboriosamente buscada y tan esquivada durante dos años de vanos tanteos, surgió, de repente, como una revelación. Las leyes que rigen la morfología y conexiones de las células nerviosas en la substancia gris, patentes en sus estudios del cerebelo, confirmáronse en todos los órganos nerviosos posteriormente explorados".

Las prolongaciones colaterales y terminales de todo cilindro-eje, no terminan como lo afirmaban GERLACH, GELGI, y la mayoría de los neurólogos de aquella época, como una red difusa, sino como arborizaciones libres (cestos o nidos), que se aplican al cuerpo celular, o a sus dendritas, estableciendo contactos semejantes a las articulaciones de los conductores eléctricos, o a sus inductores, por donde se transmite el influjo nervioso. Esta ley que revolucionó el concepto pertinente de la época se confirmó por CAJAL en diversos órganos: retina, bulbo olfatorio, ganglios simpáticos y sensitivos, etc., y por autores extranjeros, van GEHUCHTEN, HIS, van LENHCSSEK, entre otros, en el sistema nervioso de vertebrados e invertebrados.

¿Cómo pudo llegar a este resultado? Por dos vías: por la del recurso técnico, que ingenió y que fué en sus manos sabia medida, y por la directiva lógica, de sus razonamientos, en la experiencia. Y el cambio de la actitud mental, consistió sencillamente en aprovecharse de los tejidos con menos obstáculos a los procedimientos tintóreos, para seguir y perseguir el origen, y el fin de las "terminaciones". Y así lo hizo: el tejido nervioso de los embriones, con prolongaciones axiles amielínicas era el material de elección para el propósito.

Como contaba con abundante material para publicar, y no basándole la "Gaceta Médica Catalana" para lograrlo, creó, por su cuenta, la "Revista Trimestral de Histología Normal y Patológica", cuyo primer cuaderno apareció en Mayo de 1888, y el segundo, en Agosto del mismo año.

Esto que se acaba de referir en apretado y palidísimo resumen, fué la obra de años de una constante y penetrante tarea. Para los que le siguen en su "Biología, o en su Tratado de Anatomía Nerviosa del Hombre y de los vertebrados", parece, que después de lo que hizo, no quedará más por realizar; pues todo lo averiguó, lo desbrozó, lo formó, y era natural: en sus manos de artista, la técnica no tenía mayores dificultades, y para sus ojos, todo era luz. Descubrió aquella vez, en el cerebelo, los células estrelladas de la capa molecular, y las terminaciones de sus axones bajo la forma de cestas en la periferie de las células de Purkinje, (fig. 1); demostró la existencia en la capa de los granos, de un tipo especial de fibra centripeta, la fibra musgosa, cuyos cabos terminales, o sus ramas, concluyen en una especie de excrescencias, las rosáceas, que estudios ulteriores hizo ver que terminaban frente a frente a las formaciones digitiformes de las células granulosas, (Fig. 2); comprobó la presencia de las espinas peridendríticas de las prolongaciones de las células de Purkinje, a manera de

finos y cortísimos apéndices o vellosidades, (Fig. 2); observó los axones ascendentes de los granos, y su bifurcación en haces horizontales que se extienden en la capa molecular cerebelosa, (Fig. 2); las fibras trepadoras de las células de Purkinje pegadas a sus prolongaciones dendríticas, (Fig. 3); las células neuróglícas de la zona de los granos, (Fig. 4); etc., etc., todo un conjunto sospechado pero hecho evidente sólo por su genial penetración. SORCELLA aquella vez pintó un cuadro de CAJAL teniendo por fondo un artístico desarrollo de una hoja cerebelosa.

RETICULARISTAS Y NO RETICULARISTAS

Para darse cuenta de la significación general de los trabajos antes descritos en las doctrinas de las relaciones interneuronales, conviene recordar los conceptos pertinentes de la época. Dos eran las tendencias que consideraban este punto: la reticularista, que postulaba la continuidad anatómica de las prolongaciones axonales y colaterales en la relación interneuronal, mediante una red más o menos compleja (Tesis de GERLACH Y GOLGI); la no reticularista que sostenía que la terminación de las expansiones axonales, era libre, y que el vínculo interneuronal era de la especie del contacto (HIS, FOREL). HIS (1886) procediendo por generalización deducía que la especie de las terminaciones nerviosas de la substancia gris era de la calidad de las placas motrices musculares, libre, y, que las relaciones intercelulares eran como las de las ramas de los árboles distintos de un bosque, sólo por contacto. Esta concepción (HIS Y FOREL) sin embargo, no contaba con el ajuste objetivo conveniente, pues juzgando sólo, sobre opiniones, y aproximaciones de observación, se iba a caer en la "misma pendiente imprecisa, reticularizante, sin esencia, o, en otra también, sin fundamento del panteísmo protoplasmático, conducente al absurdo de que el todo se comunica con el todo", que era como dice CAJAL declarar la "incognoscibilidad del órgano del cerebro".

Lograr base objetiva al punto de vista de HIS, fué el propósito de CAJAL, y lo consiguió con sus hallazgos de las terminaciones axonales en el cerebelo. Las células no se ponían en relación por sus dendritas solamente, y a manera de un continuum, sino, por su cuerpo, y prolongaciones, y recibían el contacto de los cabos finales de las más variadas fuentes, punto que comprobó reiteradamente, en particular en sus trabajos sobre la organización de la retina, y otros. (Fig. 16-18-20).

TEXTURA DE LA MEDULA ESPINAL

1889 - 1890

El año que sigue a los trabajos anctados, fué uno de los más fecundos y de particular resonancia mundial. Logró aclarar el campo de organización estructural de la médula, hasta entonces sólo en parte conocido (Fig. 5). Halló que las fibras de las raíces posteriores del órgano, al entrar a los cordones posteriores se bifurcan en ramas ascendentes y descendentes, y que sus numerosas colaterales penetran en la substancia gris, en dos formas: como colaterales cortas que van a la substancia de Rolando, asta posterior, columna de Clark, etc., y como colaterales largas, que después de cruzar en dirección postero-anterior la substancia gris terminan en forma de nidos envolventes en las células motoras del asta anterior (Fig. 8 y 9).

Da a conocer los distintos tipos de células nerviosas clasificándolas de acuerdo con el destino del axon; el origen y distribución de las fibras colaterales; de las de los cordones, y su importancia funcional; y aparte de otras investigaciones importantes comprueba, en la médula del embrión de pollo, de 3 a 4 días de incubación, las fases primordiales del desarrollo de las neuronas, a partir del neuroblasto de His, provisto del típico ensanchamiento cónico terminal, (Fig. 10), "el cono de crecimiento" que "como una especie de masa amiboide actúa a la manera de un ariete, librándose de los elementos que le interceptan el paso, insinuando entre ellos sus expansiones laminares". Este dato como lo aclara FERNANDO DE CASTRO, "además de constituir uno de sus más bellos y geniales descubrimientos, acaba de proclamar victoriosamente, como cierta la concepción neurológica de His, del crecimiento de los axones, que no se comprobó "in vitro", sino 21 años después, por HARRISON, en los cultivos de la médula de embrión de rana; posteriormente por BURROWS, INGEBRIGTSEN Y LEVY, en los cultivos de la médula y cerebro en el embrión de pollo.

Pertenece también a esta época el hermoso descubrimiento de la migración de las células corpusculares del cerebelo desde la capa molecular, donde primero aparecen, hacia la de su destino final, dejando a manera de estela, la bifurcación de sus axones, que van a constituir después las fibras transversales de la capa molecular cerebelosa (Fig. 11). Continúa con el estudio del desarrollo, cada vez más complejo de las prolongaciones protoplasmáticas de la célula de Purkinje (Fig. 12); y con el descubrimiento de las fibras trepadoras apoyadas en aquellas, (Fig. 7).

LOBULO OPTICO DE LAS AVES

En su memoria sobre el lóbulo óptico de las aves, demuestra que las fibras del nervio óptico, terminan en las capas periféricas del lóbulo, bajo la forma de arborizaciones complicadas, varicosas y libres, (Fig. 13); que hay en el mencionado lóbulo especiales tipos celulares, entre las que se destaca uno, cuya axon desprendiéndose de la dendrita radial, recorre formando un cayado especial. Este elemento llamada por CAJAL "corpúsculo de axon en cayado" (fig. 14) es muy interesante para las teorías de conducción nerviosa que sostiene, pues prueba perentoriamente, la conducción axípeta de la dendrita. Insiste en la estructura microscópica de los órganos sensoriales, y describe en la retina de los mamíferos esa especie de células que llama horizontales, por la dirección de sus prolongaciones, que forman la capa plexiforme externa, y las terminaciones en esférula de las células en bastoncito, (Fig. 15).

BULBO OLFATORIO

De singular valor teórico fueron sus trabajos de las vías olfatorias. Debido a la manera regular de la arquitectura de este centro, semejante a la de la retina, y del cerebelo, sus hallazgos aquí tienen importancia por el propósito doctrinario de su teoría sobre la transformación del influjo nervioso. Demuestra que las fibras olfatorias que vienen de la pituitaria, se vinculan mediante especiales arborizaciones varicosas sólo con las terminaciones similares de las células mitrales, a nivel de los glomérulos, demostrando así, la única vía que puede tomar el influjo nervioso, (Fig. 16).

Y al llegar aquí, conviene para el relato, transcribir lo que refiere de su primera intervención ante el primer alto tribunal científico al que sometió sus trabajos, la "Sociedad Anatómica Alemana":

"Natural es —dice— que todo autor aspire a la aprobación, y si es posible al aplauso de su público. Y el mío, formado por limitado número de especialistas, se hallaba en el extranjero, desparramado por unas cuantas universidades alemanas, francesas, italianas, suizas, inglesas y escandinavas. Para sentir esa imperiosa satisfacción de que hablan nuestras ordenanzas y seguir trabajando con entusiasmo, érame forzoso persuadir a los sabios de buena voluntad y de claro entendimiento. Quimérico fuera esperar la uniformidad del aplauso. ¿Cómo iba yo a convencer a investigadores de antiguo comprometidos en

la defensa de hechos erróneos o de hipótesis gratuitas? Descontado tenía que mis ideas habían de contrariar a los reticularistas, y singularmente a la escuela de GOLGI. Y aunque mis trabajos de entonces contribuyeron poderosamente a divulgar los métodos y las conquistas positivas del Profesor de Pavía, la voluntad de los sabios suele ser tan paradójica, que agradece más la defensa de un error palmario generalmente difundido que la comprobación de un hecho nuevo.

En el dominio del espíritu como en el de la materia la ley de la inercia es el gran obstáculo que es preciso superar.

Mientras tanto vivía intranquilo y receloso. Me alarmaba un poco el silencio guardado por los autores, a quienes hice obsequios de los números de mi revista, durante la última mitad del año 1888 y la primera de 1889. Varios trabajos recibidos este último año a cerca de la estructura del sistema nervioso, o no me citaban, o lo hacían desdenosamente, como de pasada, y sin conceder beligerancia a mis opiniones. De la consulta de las revistas alemanas saqué la impresión de que la mayoría de los histólogos, ni me había leído. Verdad que el español es una lengua desconocida de los sabios.

Pero yo deseaba persuadir a todo trance. Me sublevaba ante la idea de pasar por iluso o por farsante. A dos recursos apelé para ganar la confianza de los autores imparciales: fué el primero, traducir mis principales monografías neurológicas al francés, publicándolas en las revistas alemanas más autorizadas; consistió el segundo en mostrar personalmente a los sabios mis mejores preparaciones y con ellas asentar la legitimidad de mis juicios.

Las traducciones se hicieron en 1889 y continuaron el 90 y siguientes. "La "Revista Mensual Internacional" de mi amigo el Dr. W. KRAUSE incertó dos memorias: una consagrada a la orientación del cerebelo, y otra al estudio del lóbulo óptico de las aves. En ambas se consideraban algunos hechos nuevos, además de los aparecidos en la Revista Trimestral; porque yo suelo continuar trabajando en el Laboratorio aún durante la corrección de las pruebas. El Dr. CARLOS BARDELEBEN, de Jena, con quien entablé correspondencia, otorgó cordial hospitalidad en su entonces recién creado "Anatomischer Anzeiger", a las comunicaciones relativas a la retina de las aves, y a la fina estructura de la médula espinal.

Las referidas traducciones dieron a conocer la más esencial de mis aportaciones científicas; empero, ellas por sí, aún ilustradas con láminas meticulosamente copiadas del natural, no me hubieran granjeado muchos secuaces. Estos vinieron gracias al empleo del segun-

do recurso citado: la demostración objetiva directa. Nada convence como los hechos vistos, sobre todo cuando son claros y categóricos.

A este propósito solicité formar parte de la Sociedad Anatómica Alemana, donde figuraban anatómicos, histólogos y embriólogos de muchas naciones, singularmente de la Confederación Germánica, y de Austria-Hungría. Dicha corporación se congregaba cada año en una ciudad universitaria diferente. Durante las sesiones, los congresistas debatían problemas anatómicos de actualidad; mostraban, en apoyo de sus doctrinas, las preparaciones macro-microscópicas obtenidas; se comunicaban los detalles de los métodos usados; en suma señalábase a los apasionados de la investigación las direcciones fecundas y los filones recién abiertos a la explotación científica. En fin, paralelamente a las tareas del congreso, los fabricantes exponían las recientes creaciones de instrumentos de observación y experimentación.

La referida sociedad celebraba aquel año de 1889 sus sesiones en la Universidad de Berlín, durante la primera quincena de Octubre. Obtenido el permiso del Rector (26 de Sept. de 1889) para tomar parte en las tareas del susodicho congreso, reuní al efecto todos mis escasos ahorros, y me encaminé, lleno de esperanzas, a la capital del Imperio germánico. En el camino giré algunas instructivas visitas a las ciudades Universitarias de Lyon y Ginebra y a la de Frankfurt s. Maine población desprovista de Universidad, pero pródiga en sabios de primer orden. En ella conocí al célebre neurólogo C. WEIGERT, autor de valiosos métodos de teñido del sistema nervioso; a EDINGER, la mayor autoridad en la neurología comparada, y en fin, a EHRlich, inventor del proceder tintóreo de su nombre que, andando el tiempo, había de obtener el Premio Nobel como galardón de sus grandes descubrimientos en los dominios de la bacteriología y seroterapia.

Excusado es decir que mis colegas del Congreso Anatómico me dispensaron acogida cortés. Había en ella algo de sorpresa y de curiosidad expectante. Les chocaba, sin duda, encontrar un español aficionado a la ciencia y espontáneamente entregado a las andanzas de la investigación. Acabadas las lecciones orales a que consagré, a causa de mi impaciencia, poca atención, vinieron las demostraciones.

Desde muy temprano me instalé en la sala laboratorio ad-hoc, donde en las largas mesas, y en frente de amplios ventanales, brillaban numerosos microscopios. Desembalé mis preparaciones; requeí dos o tres instrumentos amplificantes, además de mi excelente modelo Zeiss, traído por precaución; enfoqué los cortes más expresivos concernientes a la estructura del cerebelo, retina y médula espinal, y, en

fin, comencé a explicar, en mal francés, ante los curiosos, el contenido de mis preparaciones. Algunos histólogos me rodearon, pocos porque, según ocurre en tales certámenes cada congresista atiende a lo suyo : después de todo, natural es que se prefiera enseñar la propio a examinar lo ajeno. Entre los que más interés mostraron por mis demostraciones, debo citar a HIS, SCHWALBE, RETZIUS, WALDEYER, y singularmente KÖLLIKER. Según era de presumir, estos sabios, entonces celebridades mundiales, iniciaron su examen, con más escepticismo que curiosidad. Sin duda esperaban un fiasco. Más cuando hubieron desfilado ante sus ojos, en cortejo de imágenes clarísimas e irreprochables, el axon de los granos del cerebelo, las cestas pericelulares, las fibras musgosas y trepadoras, las bifurcaciones y ramas ascendentes y descendentes de las raíces sensitivas, las colaterales largas y cortas de los cordones de la substancia blanca, las terminaciones de las fibras retinianas en el lóbulo óptico etc., los seños se desfruncieron al fin, desvanecida la prevención hacia el modesto anatómico español, las felicitaciones estallaron calurosas y sinceras.

Me asediaban a preguntas acerca de las condiciones técnicas a cuya virtud semejantes preparados habían sido obtenidos. "Nosotros hemos ensayado reiteradamente —me decían— el método de GOLGI y sólo hemos conseguido decepciones y fracasos". Entonces los expuse, en un francés chabacano, menuda y pacientemente, todos los pequeños secretos de manipulación de la reacción cromó-argéntica; señalé las edades y condiciones de los embriones y animales más favorables al logro de buenos preparados, e indiqué las reglas prácticas encaminadas a aminorar en lo posible el carácter aleatorio del método, etc.

El más interesado de mis oyentes fué A. KÖLLIKER, el venerable patriarca de la histología alemana. Al final de la sesión, condújome en carruaje al lujoso hotel en que se hospedaba; me convidó a comer; presentándome después a los histólogos y embriólogos más notables de Alemania, y en fin, se desvivió por hacerme agradable la estancia en la capital prusiana.

"Los resultados obtenidos por usted son tan bellos —me dijo— que pienso emprender inmediatamente, ajustándome a la técnica de usted, una serie de trabajos de confirmación. Lo he descubierto a usted, y deseo divulgar en Alemania mi descubrimiento".

CEREBRO DE LOS MAMIFEROS

189c

Describe en la lámina zonalis unas células especiales de extensísimos axones horizontales, a los que RETZIUS, justicieramente dió el

nombre de células de CAJAL. Halla en la misma lámina unos corpúsculos de axon corto desconocidos por otros investigadores, y demuestra la arborización final del tallo radial de las células piramidales, que había escapado al examen de GOLGI y sus discípulos. En un segundo trabajo, aparecido en Octubre de 1890, prueba que el axon de las pirámides grandes y medianas, así como el de las células polimorfos, penetra en la substancia blanca; que el tallo y el penacho terminal de las pirámides poseen una particular formación de espinas; se establece que en el cerebro como en la médula, muchas células neuróglícas son elementos epiteliales dislocados y emigrados, (Fig. 17 17a, 17b).

La significación de este esfuerzo recibe merecida consagración. Destacados elementos de la ciencia histológica europea de la época, se inclinan ante los resultados de la obra de CAJAL, y de todos los países surge el deseo de contribuir al enriquecimiento de la nueva teoría neurológica. Sigueron a CAJAL, HIS, WALDEYER, KÖLLIKER, EDINGER, en Alemania; en Italia, no obstante la autoridad arrolladora de GOLGI, LUGARO, TANZI; en Bélgica von GEHUCHTEN; en Suiza, von LENCZSEK, célebre histólogo húngaro; en Suecia, RETZIUS; en Francia, AZOULAY, DEJERINE, MATIAS DUVAL.

Por entonces fué la famosa polémica de CAJAL con GOLGI, a raíz de un artículo de éste, aparecido en "Anatomischer Anzeiger" sobre la fina estructura de la médula espinal, en la que el sabio de Pavia reclamaba la prioridad del hallazgo de las fibras colaterales de la médula espinal. En efecto —dice CAJAL— se mencionan en tres líneas, las famosas ramas transversales brotadas de los cordones; sólo que nadie, en particular los investigadores europeos, conocía el hallazgo de GOLGI, que se publicó en un periódico local de Reggio Emilia (Italia), y CAJAL, estaba lejos de dar por suyo fruto ajeno. El escrito de GOLGI 'harto desabrido y poca amistoso' sirvió para que CAJAL, reconociera la prioridad enjuiciada y, resumiendo sus trabajos, básicos, para el desarrollo de su teoría de los enlaces interneuronales, y del influjo nervioso, enjuiciara los resultados de la tarea golgiana, cuyos puntos de vista opuestos a los de CAJAL, como se sabe, podían resumirse en los siguientes: 1), las dendritas tienen sólo papel nutritivo; 2), la comunicación interneuronal se realiza por intermedio de la red nerviosa difusa intersticial; 3), la neuronas tienen determinada significación funcional. (CAJAL acordando prioridad al testimonio objetivo de sus hallazgos, las denominan mejor: células de axon largo y células de axon corto en oposición a la designación de GOLGI, de células

motoras, y células sensitivas, correspondientemente). 4), la neuroglía sólo tiene papel negativo.

Fué una época de triunfos, aquella, —promediaba 1890-1891—, y a no ser por el incidente provocado por GOLGI, habría sido cabal para designarla, como CAJAL —decía— época de "su Domingo de Ramos". Pero también lo fué dolida: su hijo mayor que prometía ser "mozo de entendimiento", adquirió después de una tifoidea, cardiopatía progresiva que lo llevó a la muerte prematura, y una hija, Enriqueta, moría víctima de una meningitis. CAJAL en el silencio del desván de su casa cumpliendo con su destino de dar a España una histología, una ciencia, se aturdía en la luz del microscopio.

TEORIA DE LA POLARIZACION DINAMICA

1891

Este año, CAJAL se preparaba intensamente para las oposiciones de la cátedra de Madrid. Sus investigaciones habían remitido algo por esto, pero, dos hechos fundamentales señalan este período de su actividad: la formulación de su teoría de la polarización dinámica, y el acúmulo de hechos para sostenerla. Para comprender mejor el tema conviene que recordemos que no había acuerdo acerca de la transmisión del influjo nervioso en la neurona. Marcha aquella en el soma celular como las ondas de luz, o se conduce como la energía eléctrica de un conductor? Cierto es que los fisiólogos habían aportado un dato de importancia, estableciendo, que la energía nerviosa de las células anteriores motoras de la médula, iba en sentido celulífero, del soma celular hacia el axon, ampliando arbitrariamente el supuesto a todos los cilindro-ejes (GOWERS, BECHTERW, KOLLIKER, WALDEYER, etc.) y otros, GOLGI, hasta negaba el papel de conductor de las prolongaciones dendríticas, atribuyéndoles, como ya se dijo, sólo función trófica. Solo GAD supuso, sin base objetiva, que las dendritas podían tener una actividad celulípeta, esto es conductora de la energía desde el cabo de las prolongaciones al cuerpo celular. En estas condiciones, y sirviéndose de sus estudios sobre la retina, la membrana olfatoria, la médula, el cerebelo, como base para formular su teoría, llega a la conclusión de su tesis de la "polarización axípeta", según la que, el soma y las dendritas, poseen conducción axípeta, es decir transmiten las ondas nerviosas hacia el axon. Inversamente el axon o cilindro-eje goza de conducción somátotofuga o dendrífuga, propagando los impulsos recibidos por el soma o por las dendritas, hacia las arborizaciones terminales ner-

vicas, fórmula general que se aplica lo mismo a los vertebrados como a los invertebrados, y que permite interpretar con acierto la "marcha de las corrientes de las neuronas de los centros". Muy lejos estaba CAJAL entonces, año de 1890, de pensar que su punto de vista iba a conducir a EGÁZ MOIZ, mucho después, al desarrollo del fundamento anatómico fisiológico de las lobotomías.

ESTRUCTURA DE LA RETINA

Esto, en el orden doctrinario de la actividad de la época. Veamos los logros en el terreno objetivo. Dos son los campos de investigación: la retina y la corteza cerebral.— La primera había sido materia de muchos trabajos, en particular del histólogo ruso DOGIEL, que aplicaba el método de EHRlich del azul metileno. Se sabía por fisiólogos y anatomistas que los conos y bastoncitos tenían actividad propia; que los primeros daban imágenes detalladas, coloreadas, brillantes; y que predominaban en los ojos de las aves diurnas, y reptiles; y que los segundos, proporcionaban imágenes poco detalladas, semejantes a la fotografía común desenfocada. Era interesante por esto investigar el modo de sus disposiciones y enlaces en la retina, y CAJAL lo logró, estableciendo que los conos y bastoncitos no tienen el mismo tipo de enlace, ni por el carácter de sus terminaciones dentro de su capa plexiforme, ni por la especie de célula bipolar con la que se articulan. Los bastoncitos terminan en ramillas provistas de minúsculas estérulas, y se enlazan con las prolongaciones cortas de las células bipolares, que a su vez terminan en pies verrucosos en las vecindades de las células ganglionares gigantes. Los conos en cambio no terminan en estérulas, sino en mazas algo cónicas que se articulan con otro tipo de célula bipolar, de diferentes terminaciones polares. En otro trabajo, también sobre la retina da a conocer especiales tipos celulares que llama horizontales por el curso que toman sus expansiones en la lámina plexiforme, y los diversos tipos de células amacrinas o espongioblastos, las amacrinas dislocadas, y otros detalles de estructura, no conocidas (Figs. 15 y 18).

Después de muchos estudios, algunos en colaboración con su hermano, y otros con CLAUDIO SALA, en cerebros de distintas especies de mamíferos, adultos o en embriones, desenmaraña la al parecer arbitraria estructura de la corteza. Describe por primera vez a las células piramidales, a las que —lo confiesa arrepentido—, había llamado "psíquicas"; a las de axon corto de la capa plexiforme de la misma;

a las pequeñas neuronas fusiformes que se hallan en los diferentes estratos de la corteza y que se arborizan alrededor de las pequeñas, medianas y grandes células piramidales; persigue a las fibras de proyección que partiendo del cerebro llegan hasta el cuerpo estriado, y a las que partiendo de éste llegan a aquél, para arborizarse finalmente a la altura de las láminas piramidales, representando posiblemente —dice— CAJAL, la vía sensitiva terminal, fibras a las que KOLLIKER llama con justicia de CAJAL, (Figs. 17 y 19). Estos y otros trabajos como los de los conductos glandulares del páncreas en colaboración con CLAUDIO SALA; la terminación de los nervios simpáticos, y las terminaciones nerviosas del corazón de los mamíferos, etc., dieron tema para que sus discípulos y los médicos de Barcelona, le solicitaron algunas conferencias, que se realizaron, y se publicaron en la "Revista de Ciencias Médicas" de aquella ciudad, las mismas que se tradujeron al alemán a instancias de HIS, por HELD, notable neurólogo, a la sazón, discípulo de aquel (año 1893). La traducción francesa la hizo el Dr. AZOULAY con un amistoso prólogo del profesor MATIAS DUVAL y llevó por título: "Les Nouvelles ideas sur la fine Anatomie de Centre Nerveux" (Edit. Reinwald. Paris). En menos de tres meses se agotaron dos ediciones de esta obra. —En Abril de aquel año, 1893, se trasladó a Madrid. Había logrado obtener por oposición la cátedra de Histología Normal y Anatomía Patológica, vacante por la muerte del Dr. AURELIANO MAESTRE DE SAN JUAN, a quien CAJAL recordaba con particular cariño y gratitud, pues fueron las cartas de don AURELIANO los mejores estímulos que tuvo.

ESTRUCTURA DE LA RETINA, DEL ASTA DE
AMMON, Y DEL SIMPATICO VISCERAL.

Madrid, 1892 - 1893.

Interésanle en esta época tres temas : la estructura de la retina de los peces y aves, singularmente de la fovea centralis; la organización del asta de Ammon, y de la corteza occipital cerebral de algunos mamíferos; y la disposición del gran simpático visceral.

Para el primero entabla contrato con un alimañero que le provee de buena cantidad de "culebras y lagartos, mochuelos, cornejas, lechuzas, gallipatos, salamandras, percas, truchas, etc., y un buen amigo de Cadiz le manda la joya de los reptiles, el camaleón, habitador constante de las dunas gaditanas". Confirma en sus trabajos, en la retina de los peces, lo que había hallado en los mamíferos, esto es, la exis-

tencia de dos tipos de células bipolares que se articulan correspondientemente con los bastoncitos, y los conos; hace un estudio detallado de la foseta central; verifica en la retina embrionaria, la evolución de los neuroblastos, señalada por HIS, él, y von LENHOSSEK, con aquella interesante formación de los conos terminales cuyo papel señala de nuevo, para afirmar su teoría quimiotáctica y neurotrópica de los elementos en evolución.

Investiga el asta de Ammon "el centro asociativo más antiguo del cerebro, el almacén de los recuerdos olfativos y de las reacciones matrices correspondientes", como le llama. Ya GOLGI lo había hecho en su magistral obra: "Sulla minuta anatomica degli organi centrali del sistema nervoso" (Milán 1886), pero había aún algo que desbrozar, y CAJAL lo logra en este órgano de "células piramidales comparables a flores de jardín algo así como series de jacintos, alineándose en setos vivos, que dibujan curvas graciosas" —dice— CAJAL del asta de Ammon, (Fig. 21). Encuentra que los axones de los granos de la fascia dentata, emiten a largo de su camino, para articularse con las grandes pirámides, un sistema de excrecencias colaterales o rosáceas, que le dan un aspecto especial, (Fig. 22).— Halla por debajo de la capa de los granos células piramidales de axon corto que terminan en viscosas cestas o nidos envolventes de los granos, (Fig. 23); señala en la región superior, el stratum oriens, de la referida asta, neuronas de axon corto, tangencial, destinadas a la formación de cestos complicados que rodean a las neuronas piramidales más superficiales; determina las variaciones morfológicas de las pirámides de la porción superior e inferior del asta; describe la neuroglía del órgano y sus plexos, y termina por un estudio del subículum. En sus trabajos sobre la textura del gran simpático, describe en el perro diferentes tipos de células nerviosas. (Fig. 24).

TRABAJOS DE 1894

1895 - 1896

Penetra en la enmarañada organización del bulbo, protuberancia, tálamo, hipófisis, cuerpo estriado, y focos acústicos, en los que prueba tanto la ley anatómica del contacto entre somas y arborizaciones, como la ley fisiológica de la polarización dinámica. Veámos algunos resultados.

Vías de bifurcación de las ramas sensitivas del trigémino, del vestibular, y del acústico.— A semejanza de lo que ocurre en la médu-

la, las raíces sensitivas del trigémino, del nervio vestibular, y del acústico, etc. muestran en el bulbo la clásica bifurcación en rama ascendente y descendente (excepción hecha del glosio-faríngeo y pneumogástrico que solo tiene una rama ascendente).

Estructura de la protuberancia, pedúnculos cerebelosos, hipófisis, núcleos grises cerebrales, bulbo raquídeo, cerebelo, etc.— En la protuberancia comprueba el origen del pedúnculo cerebeloso medio, por axones de células propias al órgano, confirmando los hallazgos de PUSATERI y VAN GEUCHTEN, (fig. 25). En el espesor de la hipófisis, demuestra la existencia de un plexo nervioso tupido y delicado, continuación de unos tubos nerviosos que llegan hasta el órgano con su pedículo, (Fig. 25).— En los centros acústicos de las aves halla numerosos detalles estructurales, y en el cuerpo estriado describe las células de axon largo penetrante en el pedúnculo cerebral, las arborizaciones libres emanadas de las fibras ascendentes, y la presencia de dos tipos de células que forman los focos grises de dicho cuerpo: las neuronas de axon largo.

En 1895, en un trabajo consagrado al bulbo raquídeo, al cerebelo, al origen de los nervios encefálicos, es tal el material examinado y la significación valiosa de sus hallazgos para la anatomía de estos centros, que la tarea le da margen a la publicación de un libro. Entre otras cosas demuestra: a), la penetración en la protuberancia de la raíz sensitiva del trigémino y su bifurcación en ramas ascendentes y descendentes; b), el origen del pedúnculo cerebeloso superior; las células de la oliva cerebelosa; c), el descubrimiento de las arborizaciones terminales del nervio óptico en el tubérculo cuadrigémino anterior; d), la demostración del foco comisural del bulbo raquídeo del ratón a cuyo nivel se cruzan las fibras de los dos fascículos solitarios; e), la descripción del núcleo del hipogloso con las colaterales sensitivas que en él se ramifican; f), la demostración del fascículo solitario, es decir la porción descendente de las ramas sensitivas del vago y el glosio-faríngeo; g), el descubrimiento del fascículo de la calota o haz de Vicq d' Azyr en el cuerpo mamilar interno.

Vuelve por el año de 1895 a acometer el examen de los ganglios centrales del cerebro y de la oliva cerebelosa, de los ganglios del techo, de la médula espinal y por la enésima vez, con mayor análisis, el de la retina, con el fin, en particular, de responder con hechos a los argumentos nuevamente expuestos contra sus teorías, por KÖLLIKER, RENAULT, DOGIEL, etc. La calidad de esta obra y sus argumentos silencia otra vez a sus adversarios.

Sugiere nuevas fórmulas para la tinción de tejidos que tienen una entusiasta repercusión, y a favor de ellas emprende trabajos referentes a la patología de los tumores, en que, en particular, en el carcinoma, epiteloma, describe la presencia de fibras de elacina, las células conectivas gigantes, los corpúsculos cianófilos, la repartición de las células ciliadas de EHRlich, la existencia de las células cianófilas, (células plasmáticas de Unna); se dan nuevos datos sobre los cuerpos fuchsinófilos de RUSSEL y sobre la obra destructora de los leucocitos en las células epiteliales del carcinoma y epiteloma.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA MORFOLOGIA
DE LA CELULA NERVIOSA. 1894.

(Comunicación enviada al Congreso Médico Internacional celebrado en Roma en 1894).— Se trata de indagar en el proceso del desarrollo del sistema nervioso en la serie animal, qué centros mantienen su cualidad de plasticidad, y cuales, por un automatismo milenarío, se muestran rebeldes a toda acomodación, cancelando definitivamente su historia". Las conclusiones a las que llega son las siguientes: 1º); 'La ontogenia del tejido nervioso reproduce, de modo abreviado, con algunas simplificaciones y saltos, la filogenia del mismo, y éso, tanto en relación a la neuroglía como a la célula nerviosa; 2º); en todo vertebrado se advierte el desarrollo de dos sistemas nerviosos: el sensorial y sensitivo, (ganglios periféricos, retina, bulbo olfatorio, médula espinal, cerebelo, tálamo, cuerpo estriado), que ha terminado su desarrollo por diferenciación, progresando sólo por expansión; y el sistema nervioso central. (corteza gris y circunvoluciones), que continúa perfeccionándose en la serie animal, tanto por extensión como por diferenciación estructural y morfológica de sus elementos; 3º); la ley del progreso morfológico, asociada a crecientes adaptaciones funcionales, se traduce en las neuronas por la creación y estiramiento de nuevos apéndices, y por consiguiente por la multiplicación de las conexiones intercelulares; 4º), el diámetro y dimensiones de la neurona, y el desarrollo del axon, no guardan relación con la especialización fisiológica, sino con la riqueza y extensión de las arborizaciones terminales; 5º), la gararquía "mental" del animal no está en relación con la talla, o el caudal de las neuronas cerebrales, sino, con la copiosidad de sus apéndices de conexión.— La abundancia de substancia denota riqueza de conexión y posiblemente por esto, jerarquía superior intelectual, tesis defendida en su épo-

ca por MEYNERT Y FLECHSIG, pero sin fundamento, por carecer de los medios probatorios de las técnicas de CAJAL; 6º, la capacidad adaptativa, y la destreza activa pueden estar en relación con el robustecimiento progresivo de las vías nerviosas, susceptibles de mejorar el ajuste y la extensión de los contactos, y aún de organizar relaciones absolutamente nuevas, entre neuronas primitivas inconexas". Ignorábase por aquella época el sistema de las neurofibrillas de las células, y el aparato de GOLGI.

LEYES DE LA MORFOLOGIA Y DINAMISMO DE LA CELULA NERVIOSA

Después de este trabajo, que tanta importancia tiene, y animado por su éxito, dió a la publicidad otro que le sirvió de tema a una conferencia que pronunció en el Ateneo de Madrid, que versó sobre las "Leyes de la morfología y dinamismo de las células nerviosas", y, que tenía por móvil, explicar el por qué de las variaciones morfológicas, y estratigráficas, y de la dislocación de los elementos de los órganos nerviosos.

Conocida era, a parte de la regularidad con que se presentan los dos factores de la articulación interneuronal, (dendritas y arborización nerviosa final), las variantes con que se presentan los orígenes axonales (aveces brotando de una dendrita, a menos o más distancia de los somas); la dislocación o emigración celular durante la ontogenia y la filogenia, como la de las células ganglionares raquídeas, o las que hacia adelante o atrás, realizan los elementos bipolares, amacrinós y gangliónicos de la retina. Todas estas relaciones, y también la fórmula de la reacción axípeta, por consiguiente, parecen estar regidas por tres postulados "económicos" según CAJAL: a), ahorro de materia, b), ahorro de tiempo de conducción y c), economía de espacio. "Con ayuda de estos principios se comprendería la razón de las disposiciones e irregularidades arquitecturales, desviadas o nó, tanto en sus relaciones de conjunto, como en las especies que las integran, de donde —dice CAJAL— el problema que parece haberse planteado el organismo, obedecería a construir con el mínimum de materia y el menor espacio posible, la máquina nerviosa más ricamente diferenciada, y de reacciones más súbitas, enérgicas y eficaces: caso particular, en suma, de la ley física tan conocida, del efecto máximo, con el esfuerzo mínimo".

CONJETURAS SOBRE EL MECANISMO ANATOMICO DE LA
ASOCIACION, IDEACION Y ATENCION

Este trabajo correlativo por el tema al anterior que publicó CAJAL en la "Revista de Medicina y Cirugía Prácticas" en Madrid, 1895. lo calificó "desprovisto de saludable y severa adaptación al dato empírico" en partes, y de valor en otras, por exponer pensamientos de provecho relativos a la unidad de impresión, y muy particularmente a la llamada ley del alud nervioso, según la que "toda impresión periférica recogida por las arborizaciones protoplasmáticas (sensitivas o sensoriales) de una célula, se propaga en avalancha hacia los centros".— De esta ley, basada en numerosas investigaciones, sacaron provecho LUGARO y TANZI, para el esclarecimiento probable de ciertas actividades mentales, y procesos psicológicos de importancia.

En otros aspectos fué fecunda en trabajos esta época. Decidió aquella vez, crear de su peculio un órgano de publicidad en España capaz de recoger tanto sus trabajos como los de sus discípulos, ya valiosos, y fundó la "Revista Trimestral Micrográfica" (1897), que continuó después, con recursos oficiales, a partir de 1911, en la de "Trabajos de Laboratorio de Investigaciones Biológicas", donde, entre otros se publicaban los resultados de las investigaciones de PEDRO RAMON CAJAL, hermano de don Santiago, R. TERRAZAS, BLANES, VIALE, SALA, PONS, CLORIZ, AGUILERA, CARLOS CALLEJA, ISIDRO LAVILLA y otros.— Fué también aquel año (1897), el de los particulares honores discernidos a CAJAL por instituciones españolas y extranjeras. La Real Academia de Ciencias de Madrid le incorporó a su seno, oportunidad de que se valió para exponer "ex abundantia cordis", las reglas y consejos destinados a despertar la afición por las investigaciones científicas. La Real Academia de Medicina de Madrid lo incorporó como numerario, recibiendo el Premio Rubio de 1,000 pesetas por la publicación de su obra "Elementos de Histología". La Société de Biologie de París, le adjudicó el premio Fouvelle (1,000 fr.). La famosa Universidad de Würzburg, le otorgó, al lado del maestro de Stokolmo, G. RETZIUS, y del químico profesor FISCHER, de Leipzig, el grado de DOCTOR HONORIS CAUSA; La Sociedad Físico —Médica de la misma ciudad, a propuesta de KÖLLIKER le nombró miembro correspondiente, honor que también le dispensaron, la Academia de Medicina de Berlín, la Sociedad de Psiquiatría de Viena, la Sociedad de Biología de París, la Sociedad Frenática Italiana, la Academia de Ciencias de Lisboa etc.

ESTRUCTURA DEL QUIASMA OPTICO. 1898-1899

"Fué parca y pobre la obra de esa época" —dice CAJAL—, coincidente con la guerra de España con los Estados Unidos, acontecimiento que le merece justificadas apreciaciones. Un tema mereció su atención entonces: el estudio de las vías ópticas, al que le dedicó un valioso artículo aparecido en la "Revista Trimestral Micrográfica", con el título de "Estructura del quiasma óptico, y teoría general de los entrecruzamientos".— Esta contribución se debió a la aparición de dos memorias sobre la significación de los quiasmas ópticos; una de MICHEL en el "Lehrbuch der Augenheilkunde", 2^a Aufl., (1890); y otro de H. KÖLLIKER; en "Handbuch der Gewebelehre des Menschen" Bd. II., (1896), en las que, ambos destacados científicos alemanes sostenían, revisando el conocimiento ya consagrado de la especial anatomía de las vías ópticas, que el quiasma óptico del hombre y de los vertebrados superiores (de visión binocular de campo común) consta exclusivamente de fibras ópticas entrecruzadas, y que, en consecuencia el cordón óptico homolateral era una mera ilusión anatómica. A tal conclusión habían llegado empleando el método de Weigert, no siempre seguro.

Armado de abundante material de observación (peces, batracios, reptiles, aves, mamíferos) y empleando el método de EHRLICH, del azul de metileno, en sustitución del de Weigert, en el que las fibras aparecen trucas, y difícilmente perseguibles, y el de Marchi (degeneración secundaria por ablación del ojo), llega a conclusiones concordantes con la doctrina tradicional, esto es que: a), en los mamíferos de visión binocular existe una robusta vía óptica homolateral; b), que en los animales en los que apenas se indica dicho campo visual común (conejo, cavia, ratón) existen algunas fibras homolaterales, con predominio de las heterolaterales; c), que en los vertebrados de campo visual diferente (peces, batracios, reptiles y aves donde la visión es panorámica), existe un entrecruzamiento total; indagaciones que le sirvieron de base para su teoría óptica, según la que, para que la percepción mental se unifique, y concuerde exactamente con la realidad exterior, o en otros términos, para que la imagen aportada por el ojo derecho, se continúe con la aportada por el ojo izquierdo, es de todo punto necesario el entrecruzamiento lateral de las vías ópticas, cruce total en los animales de vista panorámica, cruce parcial en los animales dotados de campo visivo común.— Estas ideas sobre el móvil utilitario de los entrecruzamientos hallaron

merecido eco en el extranjero. El Dr. BRESSLER tradujo el trabajo de CAJAL al alemán con prólogo del Prof. PAUL FLECHSIG de Leipzig. KÖLLIKER, sobre esta nueva base rectificó sus anteriores errores, y entre otros MARQUEZ, y JAVET, éste en sus investigaciones sobre el quiasma óptico de los crustáceos, confirmaron ampliamente las conclusiones de CAJAL. Termina este período con los siguientes trabajos: "Algunos detalles sobre el puente de Varolio", "Estructura fina del cono terminal de la médula espinal"; y "La red superficial de las células nerviosas centrales", aparecidos en la Revista Trimestral Micrográfica (1898).

ESTRUCTURA CEREBRAL HUMANA

1899 - 1900

Hasta llegar a esta época no había tenido oportunidad CAJAL, ocupado como estaba en sostener objetivamente sus teorías que habían llamado justificadamente la atención del mundo científico de entonces, de estudiar de lleno la anatomía microscópica del cerebro humano, pues "reinando el hombre —decía— sobre la naturaleza, por la excelencia arquitectónica de su cerebro, natural era penetrar en su esencia", y lo hizo. Los métodos de EHRlich y GOLGI, esquisitamente selectivos, daban buenos resultados, cuando se les aplicaba en piezas fresquísimas "casi palpitantes", circunstancias que no era posible lograr entonces ni ahora por consideraciones sociales y mandatos de la ley. Verdad es que aquella vez, se había obtenido mucho sobre la estructura del cerebro humano, principalmente por hombres de la talla de GOLGI, pero los resultados no alcanzaban a determinar particularidades elementales que convenía esclarecer de primera intención, antes de abordar nuevos temas. No se había estimado la diferencia morfológica celular de los territorios estructurales encefálicos, ni la forma de las conexiones interneuronales, ni las terminaciones de las vías sensitivas y sensoriales periféricas. Y como el material humano obtenible, era por lo indicado arriba inadecuado, CAJAL buscó en la Inclusa, y en la Casa de la Maternidad, el apropiado para su propósito, con la colaboración de sus colegas y ayudantes, y la por mil circunstancias generosa ayuda de las Hermanas de la Caridad del Hospital. CAJAL se armó durante dos años de cientos de fetos, y de cadáveres de niños de distintas edades, que disecaba "dos o tres horas después de la muerte y hasta en caliente". La colecta fué exhuberante", y de sus investigaciones, las más interesantes sobre la estructura de la corteza cerebral, merece citarse: 1), los hallazgos de varios tipos

de neuronas de axon corto, características del cerebro humano, (Fig. 27); 2), el establecimiento de las arborizaciones terminales de los conductores sensitivos y sensoriales; 3), el hallazgo de las cestas pericelulares, legítimas, comparables a los elegantes nidos del cerebelo y de la asta posterior (Fig. 6); 4), la discriminación de las varias especies de neuronas de la capa molecular, (Fig. 27). Pero su principal trabajo fué el de establecer la estructura de los centros perceptivos y sensoriales (centros de proyección de Flechsig), que, de acuerdo con sus preparaciones, se mostraron de urdimbre específica inconfundible, quedando asentada sobre base anatómica, la doctrina, entonces muy discutida, de las localizaciones cerebrales. Veámos algunos detalles: Tipos celulares de la corteza. La (Fig. 27), nos demuestra: 1), células bipenachadas, cuyo axon se descompone en plexos apretados, de sentido radial, de finísimas prolongaciones; 2), elementos enanos de axon corto, de brevísimas y delicadas dendritas, que constituyen urdimbre tupidísima; 3), células cuyo cilindro eje forman cestas que rodean a las pirámides; 4), pirámides cuyos cilindro-ejes se consumen en numerosas colaterales arciformes y recurrentes; 5), elementos pequeñísimos que se descomponen en arborizaciones numerosas y finísimas a nivel de la zona molecular; 6), células de cilindro-eje ascendente dividido en ramas horizontales larguísimas que se distribuyen en diferentes pisos de la corteza. Todos los elementos anteriormente señalados, en particular el 1º, 2º, 4º, y 6º, pueden considerarse privativos del hombre, lo que no excluye, la posibilidad de su existencia, aunque afectando formas más burdas, en los mamíferos superiores, como en el mono y el perro. CAJAL concluía a este respecto, "que la existencia funcional del encéfalo humano, está intimamente ligada a la prodigiosa abundancia, e inusitado lujo de formas de las llamadas neuronas de axon corto".

ANATOMIA DE LOS CENTROS PERCEPTIVOS

α).—*Esfera visual*. Comprueba la constitución histológica de la capa molecular; de la lámina de las pequeñas y medianas pirámides; de la zona de los gruesos corpúsculos estrellados; de la capa de los granos, o de los diminutos elementos asteriformes; de la zona de las pirámides gigantes; de la capa de pirámides de axon arciforme; de la zona de los corpúsculos polimorfos, (Fig. 28), el Dr. BRESSLAR tradujo al alemán este magnífico y extenso trabajo con el nombre de "Studien über die Hirnrinde des Menschen". Leipzig, Verlag: A. Barth. 1900.

b).—*Esfera motriz*. Con el auxilio del método de Nissl hace un análisis detallado de las circunvoluciones pre-rolándicas, determinando sus analogías, y diferencias. Demuestra contra el sentido general, que la circunvolución parietal ascendente, carece de estructura motora, perteneciendo más bien desde este punto de vista al sistema de asociaciones, y que la frontal ascendente en cambio, es de tipo motor (Fig. 29). Comprueba los fenómenos de atrofia que había señalado de las dendritas ascendentes de las células horizontales después del nacimiento. Halla, tanto en la capa plexiforme como en las láminas II y III, diversos tipos corpusculares de axon corto, y un elemento nervioso menudísimo, parecido a la neuroglía, del que se distingue por exhibir un axon fino, arborescente. Demuestra que todas las pirámides, o células de tallo radial, aunque residan en zonas profundas, envían un penacho, o fibra protoplasmática, a la zona plexiforme, (Fig. 17). Comprueba la existencia de células, cuyos axones terminan en nidos nerviosos terminales. Describe las arborescencias terminales de las fibras sensitivas, bajo la forma de plexos tupidos en la zona de las pirámides. Señala estas mismas fibras terminales de la corteza cerebral de los mamíferos de pequeña talla, y su continuación con los tubos perforantes del cuerpo estriado. Adopta un nuevo criterio para la determinación de las esferas sensoriales de la corteza, cuya característica, no sería como se había considerado hasta entonces, la presencia de fibras de proyección sino la existencia de plexos exógenos, llegados al cuerpo estriado. J. BRESSLAR tradujo, también, al alemán este trabajo.

c).—*Esfera acústica*. Abordó después el estudio de la corteza acústica, en su trabajo, "Estructura de la corteza acústica". Revista Trimestral Micrográfica, tomo V, Sept. 1900. Señala como rasgo peculiar de esta zona: a), la existencia constante de células estrelladas gigantes, con axon serpenteante dirigido a la sustancia blanca, (Fig. 30); y b), la forma específica de las pirámides (fusiformes, bipenachadas), (Fig. 31).

Completa esta serie sistemática de trabajos, dos extensas monografías referentes a la corteza olfativa del hombre y de los mamíferos superiores (Fig. 32): "Estructura de la corteza olfativa del hombre y de los mamíferos superiores" Revista Trimestral Micrográfica, (Nº 4), 1900, y Trab. del Lab. de Invest. Biol. Tomo I. En estos trabajos confirma hallazgos anteriores sobre la manera de terminar de las fibras olfativas de segundo orden, dentro de la zona molecular del cerebro. En sus ilustraciones se vé a la raíz olfativa externa del gato, y de la

substancia gris subyacente, en el interesante plexo terminal en contacto con el penacho periférico de las células piramidales. Demuestra la existencia de tipos piramidales característicos, provistos de penacho o borla descendente, en la circunvolución del hipocampo, y señala en otras regiones de la citada zona agrupaciones de pirámides enanas, alternando con el elemento asteriforme gigante (Fig. 33). Descubre en lo alto del lóbulo olfativo o piriforme de los mamíferos leicocéfalos y girencéfalos, un foco de estructura especial, al que viene a parar importante vía olfativa y de donde emana la corriente exógena más importante destinada al asta de Ammon. En virtud de este hallazgo deja establecido que se puede contar con tres focos olfativos escalonados: 1º), foco olfativo primario, o corteza esfenoidal interior; 2º), foco olfativo secundario donde terminan las fibras nacidas del núcleo precedente; y 3º), foco olfativo terciario, representado por el asta de Ammon y la fascia dentata.

Estudia detalladamente las variadas regiones de la corteza esfenoidal; describe en cada uno de estos focos numerosos tipos de neuronas y examina los plexos a que dan lugar y a las vías de aferencia y eferencia; determina con precisión el origen y terminación de las fibras del cíngulo, la estructura de las estrías longitudinales y supracallosas de los nervios de Lancisi y del "fornix longus" de Forel, con numerosos y nuevos detalles.

Todos estos trabajos, y otros, de su labor en los años de 1899, 1900, 1901, con detalles está en su obra "Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados", en tres volúmenes, que BESSLAR tradujo también al alemán. Por aquella época y a iniciativa de don CARLOS M. CORTEZO, fundó el Instituto Nacional de Higiene, que organizó debidamente, poniendo en sus diferentes secciones a gente joven, y destacada. Años después (1920), cuando el Instituto había logrado fama merecida, CAJAL se retiró de él, oyendo a GRACIAN, y lo dice; de "tener un buen deajo", que significa: "abandonar los cargos antes de que los cargos lo abandonen". La dirección del Instituto pasó a mano de una de sus discípulos preferidos el Dr. FRANCISCO TELLO, "el más capacitado y disertado de los bacteriólogos españoles", dice CAJAL en sus memorias.

DISTINCIONES DE LA EPOCA

En Julio de 1899 fué invitado por la Universidad Americana de Worcester (Clark University), centro de investigaciones superiores semejante al Colegio de Francia, a dar unas conferencias que fueron

tres, y versaron sobre la estructura de la corteza cerebral del hombre y de los mamíferos superiores. Se publicaron junto con sus obras por la Clark University, con el nombre de "Decenio Celebration 1889 - 1899". Worcester, Mass.

El Congreso Interamericano celebrado en París (1900) a propuesta del profesor ALBRECHT, de Viena, y con el voto máximo de los miembros del Comité Directivo le concedió el importante y codiciado Premio Moscú, internacional, (6,000 pesetas), instituido por la ciudad de aquel nombre, para conmemorar el Congreso Médico celebrado pocos años antes en la capital moscovita. En la misma sesión se acordó celebrar en Madrid el siguiente Congreso de 1903. A la sazón se encontraba CAJAL en la corte, ocupado en sus atrayentes exploraciones de la estructura cerebral, algo resentido por ciertas fallas cardiacas, no ajenas a la vida de actividad intensa que había llevado, y de las que curó con el sólo vivir lejos de Madrid, en su casita que había mandado construir en Amalíel desde donde a su antojo podía contemplar las sierras de Guadarrama, la Moncloa y hasta el Escorial. El Premio Moscú, y las manifestaciones que le siguieron, venidas de todos los rincones de España, y del mundo, a la par que le dejaron hondo testimonio de reconocimiento a su tarea, significaba también que su propósito de contribuir a la grandeza de España por el dominio de la ciencia, había sido logrado. Recibió un sentido telegrama de S. M. la Reina CRISTINA, una afectuosa carta del Presidente del Consejo de Ministros, DR. FRANCISCO SILVELA, una rendida comunicación del Ayuntamiento de Zaragoza, ecomiásticos editoriales de los periódicos de toda España. La reina lo agració por iniciativa del gobierno, con la Gran Cruz de Isabel la Católica; meses después con la Gran Cruz de Alfonso XII; se le nombró Consejero de Instrucción Pública. Pero ningún homenaje le provocó más rendido reconocimiento que el realizado en la fiesta académica celebrada en el Paramíno de la Universidad, donde pronunció un discurso bastante celebrado y que publicaron la mayor parte de los diarios.

Entre otras cosas dijo, aquella vez : "No soy en realidad un sabio, sino un patriota, tengo más de obrero infatigable que de arquitecto calculador; la historia de mis méritos es muy sencilla: es la vulgarísima historia de una voluntad indomable, resuelta a triunfar a toda costa; formé el firme propósito de abandonar para siempre mis ambiciones artísticas, dorado ensueño de mi juventud y lanzarme osadamente al palenque internacional de la investigación biológica. Mi fuerza fué el sentimiento patriótico, mi norte el enaltecimiento de la toga universitaria, mi

ideal, aumentar el caudal de ideas españolas circulantes por el mundo, granjeando respeto y simpatía por nuestra ciencia, colaborando, en fin, en la grandiosa empresa de descubrir la naturaleza, que es tanto como descubrirnos a nosotros mismos. Me dirijo a vosotros los jóvenes, los hombres del mañana. En estos últimos luctuosos tiempos la patria se ha achicado, pero vosotros debéis decir: a patria chica alma grande. El territorio de España ha menguado; juremos todos dilatar su geografía moral e intelectual. Combatamos al extranjero con ideas, con hechos nuevos, con invenciones originales y útiles; su honor, su poderío y su prestigio estarán firmemente garantidas por que nadie atropella a lo que ama, ni insulta o menosprecia lo que admira y respeta. —y termina— "amemos a la patria aunque sea más por sus inmerecidas desgracias, por que como dijo RENAN —el dolor une más que la alegría—".

Los triunfos de CAJAL y en particular el Premio Moscou, crearon cierto estado de opinión, que bien recogido por el gobierno de don FRANCISCO SILVELA dió ocasión para que se creara el Instituto de Investigaciones Científicas, en el que con mayores recursos, pudiera continuar su maravillosa tarea. Se instaló provisionalmente en un hotel de la calle Ventura de la Vega trasladándose meses después, para su asiento definitivo, al museo del DR. VELASCO. Se amplió en particular el renglón de las publicaciones. El anuario titulado "Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Biológicas", reemplazó a la primitiva "Revista Trimestral de Micrografía". El papel de la revista fué excelente, se disponía sin tasa de mayores grabados y fotografías; los textos se publicaban sin limitaciones. Desde 1902 en que vió la luz el primer número hasta 1923, se publicaron 300 monografías, como el mejor testimonio de que la contribución económica del gobierno español no había sido estéril.

VÍAS ACÚSTICAS. VIA SENSITIVA CENTRAL. LOBULO OLFATORIO.
TUBERCULOS CUADRIGEMINOS. LAS NEUROFIBRILLAS.
NUEVA TECNICA PARA ESTUDIARLOS. OTROS TRABAJOS

1900 - 1901

1º).—*Vías acústicas. Núcleo coclear.* Demuestra la especial organización de las terminaciones descendentes, espesas y pobres del mencionado nervio, y las ascendentes, formando plexos delicados situados entre las células, (Fig. 34). 2º).—*Contribución al estudio de la*

vía sensitiva central y de la estructura del tálamo óptico. No había podido ser demostrado por lo que estudiaron este punto (MONAKOW, DEJERINE, MAHAIM) la estación intermediaria talámica de las fibras del lemnisco interno, o *vía sensitiva*, que habían sospechado. CAJAL en el tálamo óptico de las ratas y ratones, demuestra que las fibras del lemnisco en cuestión, terminan todas, bajo la forma de arborizaciones libres, complicadas, en el espesor del foco talámico ventral, rodeando islotes celulares, cuyos axones se dirigen al cerebro, engendrando la *vía sensitiva superior a tálamo cortical*, (Fig. 35). Comprueba también en este trabajo, por primera vez, la presencia de fibras centrifugas cortico-talámicas que después de nacer en la corteza cerebral, y haber cruzado el cuerpo estriado, se arborizan en los mencionados islotes talámicos. 3º).—*Textura del lóbulo olfativo accesorio.* El lóbulo olfativo accesorio que había sido descubierto y estudiado por GUDDEN, GANSEN, KÖLLIKER, le dió motivo para demostrar su anatomía original, muy complicada, semejante a la de la foseta central de la retina, por lo que pensó que podría representar el lugar de la mayor acuidad olfativa. 4º).—*Significación probable de las células de axon corto.* Para CAJAL "no se trata de elementos intercalares obligados entre las fibras eferentes y las neuronas de axon largo, sino como cadenas laterales anexas a las vías principales, a las que proporcionarían energía nerviosa almacenada". "Vendrían a ser algo así, como condensadores de potencial, destinados a aumentar la tensión del impulso nervioso en las vías principales aferentes y eferentes". Confirmaron sus opiniones trabajos ulteriores, suyos, sobre la retina de los vertebrados y de los invertebrados. 5º).—*Estructura del tubérculo cuadrigémico posterior.* Valiosos son sus hallazgos en estas regiones: a), demuestra que, en los roedores "una buena parte de las fibras del lemnisco externo o *vía acústica central*, se bifurcan dando una rama posterior que se arboriza en el tubérculo distal, y otra que se ramifica en el cuerpo geniculado interno; b), la *vía acústica central*, descrita por muchos autores, en particular por HELD, no vá directamente al cerebro sino que termina en el cuerpo geniculado interno, en forma de arborizaciones que rodean neuronas cuyos axones constituyen la *vía acústica superior o tálamo cortical*; c), ofrece nuevos datos acerca de la estructura y relaciones del cuerpo geniculado, la corteza del tubérculo cuadrigémico posterior y del tálamo.

SEPTUM LUCIDUM. TALAMO OPTICO. CUERPO DE LUYS
TUBER CINEREUM.

1902 - 1903

Interesado como estaba en el estudio de la organización de los ganglios centrales del cerebro, se ocupó en este período, de la textura del septum lucidum, de la fina anatomía del tálamo óptico, en particular de sus relaciones con los cuerpos de Luys, tubérculos mamilares, y tuber cinereum. Estudió los pedunculos cerebelosos, las relaciones entre el cerebro, y el tubérculo cuadrigémino anterior, y el tálamo óptico.

Con el análisis de los focos centrales del cerebro se acaba —podríamos decir— su programa de morfología neuronal y de "roturación" de las tierras encefálicas y medulares. En adelante su atención se dirigiría a la organización íntima de las células nerviosa y del cilindro-eje.

NUEVO METODO DE CAJAL DE LA IMPREGNACION ARGENTICA
DE LAS NEUROFIBRILLAS

1903

Considera CAJAL este año como el año cúspide de su actividad inquisitiva, y correspondió con uno de los de mayor esfuerzo del Laboratorio de Investigaciones Biológicas, que acababa de fundarse, por virtud de sus meritorios trabajos. Su contribución más notable entonces, fué el descubrimiento de una técnica para la demostración de las neurfibrillas. Pero para que nos demos cuenta de la importancia del hecho, demos una mano de historia. Hacía muchos lustros, en tiempos de MAX SCHULTZE, SCHWALBE, RANVIER, y después de H. DOGIEL (1898), se había notado, dentro del cuerpo de las células cierta trama de fibras finas que se extendían a las prolongaciones protoplasmáticas. Pero la época no estaba en posesión de recursos técnicos para demostrar su evidencia, ni menos por ésto para adscribirles el papel que se sospechaba que podían tener. Se trataba de fibrillas independientes, o enlazadas en retículos?; ¿se continuaban en los axones hasta sus formaciones terminales?; podría estimárseles conductores de la energía nerviosa intracelular, y en qué forma? El sabio español L. SIMARRO había demcstrado en el Laboratorio de Investigaciones Biológicas de CAJAL, y con ocasión del Congreso Internacional de Medicina de 1903, un método que permitía visualizarlas, aunque no con preci-

sión ni con constancia. Se basaba en la precipitación de las sales argénticas en el esqueleto neurofibrilar de las neuronas de animales que habían sido previamente intoxicados con bromuro y yoduro de potasio, y en tratamientos posteriores de las piezas por los metales reductores, y virajes habituales. Pero el método no era constante; elegía de manera casi exclusiva las células grandes y medianas de la médula espinal y del bulbo raquídeo. Imposible era obtener resultados en las neurofibrillas del cerebro, cerebelo, ganglios y de las terminaciones nerviosas. Por aquella época A. BETHE, profesor de Strasburgo, empleando el método del molibdato de amonio y del azul de toluidina, dijo haber logrado, teñir las neurofibrillas. Pero tal método, sólo lograba resultados en manos de su autor, y en las preparaciones que le envió a CAJAL, éste no pudo ver sino pálidas tramas de fibras finas intraprotoplasmáticas sin que pudiera reconocerse ni su real disposición, ni sus conexiones con las demás texturas cerebrales, como afirmaba su autor. CAJAL entonces, y a raíz de su regreso de un viaje a Italia, como una revelación tuvo la idea sencillísima de modificar sólo una de las de las circunstancias propias a uno de los factores técnicos que estaba empleando, y, con la idea de que "la sustancia enigmática generadora de la reacción neurofibrilar, debe ser pura y sencillamente el nitrato de plata caliente, libre susceptible de precipitarse sobre el esqueleto neurofibrilar, modificando la acción de la temperatura, lo empleó en esta forma, con ciertos cambios, y con tan grande éxito que confirmaron técnicos extranjeros, que decididamente, su método significó una nueva y magnífica vía de conocimiento, de las estructuras que se estaban investigando. Lo emplearon logrando "pingue cosecha de hechos nuevos", entre otros: van der STRICHT, van GEHUCHTEN, AZOULAY, NAGEOTTE, RETZIUS, van LENHOSEK, HUMBERTO y OTORINO ROSSI, PERONCITO, etc. Por aquella época, partiendo del método de SIMARRO, llegaba a semejante resultados pero tomando como punto de partida el método de FAJERSZTAJN, BIESCHOWSKY, en cortes por congelación, del cerebro humano, método singularmente apropiado para los análisis anátomo-patológicos.

RETICULO NEUROFIBRILAR.— APARATO DE GOLGI.— NUCLEOS
DE ORIGEN DE LOS NERVIOS CRANEALES

A favor del método mencionado, general en sus efectos, transparente en su coloración, de selección esquisita, y de extraordinaria sencillez, se lanzó CAJAL con "celo impetuoso, acaparador y absorven-

te", a la colecta de sus salientes conquistas. Corresponden a la época las siguientes: 1), la demostración del retículo neurofibrilar, no bajo la forma de hilos independientes, como pensaba APATHY, BETHE, BIELSCHOWSKY, y que aparecía formado de dos especies, unos gruesos o primarios, intensamente coloreados de café o rojo pardo, y otros finos y secundarios, enlazados entre si y con los anteriores, sino como retículo denso en la margen nuclear, y flojo en la periferie de la célula; 2), el mencionado aparato no constituía un sistema de fibras estable, sino representaba algo fino y mudable en relación con los estímulos fisiológicos y patológicos. Como prueba de este hecho presentó imágenes de células de lagarto y de hirudos en las que se podía apreciar nítidamente el cambio de la armadura neurofibrilar bajo la influencia del ambiente, (Fig. 36); 3), el procedimiento argéntico mencionado le permitió exelentes imágenes del aparato reticular de GOLGI, y de los epitelios, con lo que pudo contar con nuevos testimonios en sus discusiones acerca de la morfología, y naturaleza del expresado retículo; 4), pudo verificar una vez más e inobjetablemente, la existencia y desarrollo de los nidos de las células motrices, de las cestas de las células de Purkinje, de las fibras musgosas y trepadoras del cerebello, que ya habían sido materia de trabajos en años anteriores; 5), describió las fases evolutivas del retículo neurofibrilar en los embriones y animales recién nacidos; 6), señaló por primera vez el aparato reticular de GOLGI en las células nerviosas y epiteliales de los invertebrados (lumbricos), (Fig. 37); empleando su método en ensayos reiterados, para analizar las células y las fibras nerviosas en evolución comprobó que en estas circunstancias los resultados son más constantes y vivos que en el adulto, lo que le ponía en condiciones de contar con un sistema, que le permitía resolver los problemas de organización, hasta ese momento inabordables. Estudia así: a), el foco superior o descendente del trigémino con sus núcleos, uno superior y de células multipolares, y otro inferior de neuronas piriformes voluminosas; b), los núcleos, motores oculares comunes, y en espeecial el del motor ocular común de las aves, con sus diversos subnúcleos y la dirección de sus axones; c), la impregnación de los ganglios raquídeos embrionarios en los que analiza la transformación sufrida por el retículo plasmático durante el tránsito de la fase bipolar; d), los focos coclear y vestibular de los embriones; e), las terminaciones nerviosas en las crestas acústicas de los embriones de pollo; f), la localización del núcleo rojo de las aves, y el origen y decusación del haz de Monakow; g), la armazón neurofibrilar de las placas motrices en los mamíferos

y aves, reconociendo la estructura reticulada del ensanchamiento de la arborización nerviosa.

CAMBIOS EN EL RETICULO NEUROFIBRILAR

El hallazgo de las curiosas transformaciones neurofibrilares, a consecuencia del estímulo de agentes físicos condujéronle a estudiar el fenómeno reactivo en relación con agentes patógenos, y, ayudado por el Dr. DALMACIO GARCIA, estudió los cambios provocados por la rabia, comprobando las modificaciones singulares de la red neurofibrilar y los cambios protoplasmáticos y nucleares en los elementos enfermos, (Fig. 38). Su afán por el tema le llevó a estudiar las modificaciones del mencionado sistema, en las células ganglionares de la retina, y en los ganglios del *Iumbricos*. Cierra el ciclo de su labor en el año 1904, la publicación de su obra en tres volúmenes, "Histología del Sistema Nervioso del Hombre y de los vertebrados", (Madrid 1889-1904) de 1800 páginas de texto en 4º mayor, y 887 grabados originales, de gran tamaño en su mayor parte, obra que se tradujo al francés por la casa Maloine y que habiendo aparecido en 1911 podía considerarse como nueva, en relación con la original española, ya que la francesa incluía el fruto de las investigaciones realizadas posteriormente. Esta obra, el más grande testimonio de la ciencia española de todos los tiempos, fué considerada por su autor —sin pretensión dice— "como el trofeo puesto a los pies de la caída ciencia nacional, y la ofrenda de fervoroso amor rendida por un español a su menespreciado país".

GANGLIOS SIMPATICOS Y SENSITIVOS

1905

Emprende este año la tarea de estudiar los ganglios simpáticos y sensitivos, con ayuda de su novísima técnica. Las descripciones habidas de los mismos, se referían a épocas embrionarias de su desarrollo, o a mamíferos de pequeño volumen. Tales habían sido los estudios de GOLGI, EHRLICH, RETZIUS, DOGIEL. Era necesario establecer su naturaleza en los adultos, y comprobar —si los habrían— cambios en el desarrollo. El éxito de este programa de actividades no se hizo esperar. Maestro de la técnica y de sus experiencias en la materia, los resultados fueron de importancia. En los ganglios sensitivos comprueba: a), la existencia de neuronas sensitivas axonales, y de dendritas intracapsulares, rematadas en abultamientos libres, (Fig. 39); b), la presencia en los viejos, y en ciertos estados patológicos de corpúsculos de cuyo soma, o de sus expansiones principales emanan hilos finísimos que engruesan después acabando por bolsas situadas debajo de

la membrana endotelial; c), el hallazgo de elementos análogos a los anteriores, pero cuyas esferas finales terminan fuera de la cápsula; (Fig. 40); la existencia de curiosos elementos en el núcleo vago del hombre y de los mamíferos superiores, o en los ganglios sensitivos del carnero, provistas de numerosas prolongaciones somáticas que se juntan entre sí, dando al cuerpo celular un aspecto fenestrado, y en cuyas mallas se encuentran corpúsculos satélites, elementos que varían tanto en morfología como en número, según las especies animales, (Fig. 41); e), la presencia en los ancianos de un tipo especial de célula ganglionar avejentada, cuya superficie provista de numerosos apéndices, confirma la designación que posee de células desgarradas, (Fig. 42). Tan singulares hallazgos le dieron tema para investigaciones pertinentes en la patología. En sus trabajos en los ganglios simpáticos del hombre comprobó: a), la existencia de las células de dendritas cortas, o subcapsulares que justifican su designación de neuronas en corona, (Fig. 43); b), elementos que además de las expansiones señaladas presentan recias prolongaciones que terminan en plexos difusos; c), complicados nidos pericelulares, que provienen de los tubos mielínicos llegados de la médula, (Fig. 44); d), células simpáticas corrientes, esto es, que están provistas de axon, y un solo sistema de dendritas largas y ramificadas. Estos resultados, y otros, sobre la materia fueron comprobados por propios y extranjeros. Dice CAJAL de este aspecto de su obra: "sin jactancia puedo afirmar, que mis investigaciones sobre los ganglios son de lo más afortunadas de mi labor científica en el decenio de 1903 a 1913". Cierra este periodo (1903-1913), dos investigaciones de las que una, sobre el cerebelo, es valiosa, por que no sólo se establecen nuevos hechos, sino, porque a la luz de su método con la plata reducida, se confirman investigaciones anteriores: 1º, en el cerebelo estudia otra vez a la célula estrellada de la capa molecular, cuyo cilindro-eje, simplificándose en sencillísimos y delgados conjuntos, engruesa después, para organizarse finalmente en los cestillos pericelulares de Purkinje, tesis contraria a la de BETHE y BIELCHOWSKY que niegan la ramificación de las neurofibrillas, manteniéndose más bien independientes; 2º, se confirma la existencia de las fibras ansiformes del cerebelo joven, que habían sido atribuidas falsamente a SMIRNOW, que los vio muchos años después que CAJAL; 3º, pone de manifiesto heterotopías, "errores de itinerario" de los nervios motores, de especial significado para la teoría del crecimiento de los axones, que podrían significar, según CAJAL, desviaciones locales del crecimiento neuronal, que determinarían debilitaciones y hasta abolición de los sistemas asociativos".

LA DOCTRINA NEURONISTA. REGENERACION Y DEGENERACION
DE LOS NERVIOS PERIFERICOS. 1905, 1906, 1907.

Durante este periodo que fué el del cenit de su carrera científica y con ocasión de haber renacido la discusión sobre la teoría neuronista que sostenía, en oposición a la reticularista, por investigaciones que autoridades de prestigio habían llevado a cabo sobre la regeneración de las fibras nerviosas, CAJAL, desarrolla dos temas básicos en apoyo de la concepción doctrinaria neuronística: el relativo al mecanismo regenerativo de los nervios, y las vías nerviosas centrales interrumpidas, y, valiéndose de su nuevo proceder técnico de la plata reducida, el de la génesis de las fibras nerviosas del embrión, íntimamente relacionadas con aquél. Para darse cuenta de la importancia del asunto conviene una revisión histórica. Patólogos y fisiólogos de la última mitad del siglo XVIII, RANVIER, WALTER, BROWN-SEQUARD, entre otros, pusieron de manifiesto, que cuando se secciona un nervio, su porción distal, cabo periférico, degenera y muere rápidamente, reabsorbiéndose su axon, y las formaciones mielínicas, y, ofreciendo al cabo de algunos meses, tanto la cicatriz intermediarai, como el mencionado cabo, numerosas fibras neoformadas, que "restablecen total o parcialmente la sensibilidad o motilidad, del nervio paralizado". Qué mecanismo histológico explicaría esta restauración histológica, y la regeneración de las terminaciones nerviosas respectivas? Dos eran las teorías que giraban en torno de este asunto: la teoría de la continuidad, o monogenista, según la cual las fibras neoformadas del cabo periférico representan exclusivamente las prolongaciones de los cilindro-ejes del cabo central, dotados de vitalidad plena, gracias a su continuidad con las neuronas de origen; y la de la discontinuidad o poligenista, que sostenía, que las fibras regeneradas, resultan de la diferenciación y transformación de las células del revestimiento de Schwann. BETHE adepto a esta última, y uno de los más talentosos críticos de CAJAL, se valió, de sus comprobaciones macro y microscópicas, para demostrar aunque no en todos los casos las fases sucesivas de transformación de los elementos de Schwann, en tubos nerviosos jóvenes de donde los axones representarían a protoplasmas schwánicos, diferenciados en neurofibrillas. Radical poligenismo que BETHE sostenía más que en la argumentación anatómica, en la fisiológica, pues excitando el cabo periférico del nervio seccionado, el animal insensible al dolor, respondía con movimientos de la pierna y del pie.

No sólo por esta calidad de los testimonios, cuanto por la valía de quienes lo sostenían, tal tesis iba en directa oposición a la de CAJAL, y a rebatirla fué, mal de su agrado, pues creía desperdiciar su tiempo en tareas de ésta naturaleza. Dos años duró la preparación del material que él iba a servir a su propósito. Examinó material de conejos, gatos, perros, etc., y concluyó : 1), en que, cuando se corta un nervio de mamífero joven y se examina en el animal sacrificado el sitio de la lesión algunos días después, se comprueba un activo renacimiento de los cilindro-axes del cabo central, bajo la forma de ramas neoformadas, carentes de vaina medular, que invaden el exudado interpuesto entre los cabcs del corte, ramificándose a menudo en su camino y terminando libremente bajo la forma de masas o botones terminales, que a manera de arietes, están destinados a fraguar su ruta a través de la cicatriz, empujando a todas las células mesodérmicas que hallan a su paso. Esta tumefacción representaría el "cono de crecimiento" de las fibras del embrión, (Fig. 45); 2), en los primeros días de desarrollado este fenómeno, las fibras nerviosas neoformadas carecen de membrana de Schwann; los corpúsculos conectivos embrionarios aparecen al 3º o 4º día, lo que significa la presencia evidente de la formación fibrilar, sobre la catenaria, hecho opuesto a lo que sostenían los defensores de esta doctrina; 3), se asiste al desarrollo de los más curiosos fenómenos en las fibrillas neoformadas : retrogradan, se retuercen; armadas en sus terminaciones de bolas o mazas, quedan a cubierto de la formación capsular protectora o se pierden para los efectos de la neurotización periférica en ovillas de la mayor complicación y finura. (Fig. 46); 4), cuando pasan algunos días, las fibras jóvenes no extraviadas "asaltan" los estuches del cabo periférico, caminando dentro de ellos, apartando las dendritas de mielina no reabsorvidos, dividiéndose cuando encuentran obstáculos a su progreso, para terminar sea en las bandas de BUNGER o en sus intersticios, (Fig. 47); 5), el examen de la cicatriz revela lo contrario de lo que sostienen los partidarios de la teoría catenaria, esto es, la presencia de fibras nerviosas unitivas, ameduladas, extendidas sin interrupción desde el cabo central al periférico; 6), la multiplicación de las células schwannicas del cabo periférico debe obedecer, no al fin de producir cadenas de elementos transformables, sino de segregar substancias estimulantes que tengan por misión atraer y encausar las fibras nerviosas jóvenes errantes de la cicatriz. PERRONCITO discípulo del genial histólogo de Pavía, confirmó y extendió estos hallazgos de CAJAL, valiéndose del procedimiento reciente de éste. Quedaba así demostrado que las fibras nuevas, aparecidas en el cabo periférico, re-

presentaban inobjetablemente, brotes axónicos del cabo central. Pero quedaba por examinar lo que había pasado en el cabo central durante los primeros días de la sección nerviosa, tema tratado por PERRONCITO, y en el que CAJAL, queriendo contribuir de propia mano, halló: 1), que en el cabo central los retoños neurofibrilares aparecen a nivel de los espesamientos axónicos vecinos a los discos de soldadura; 2), que los cilindro-ejes periféricos no mueren instantáneamente sino que pasan por cierto proceso agónico, durante el cual presentan mazas de crecimiento, botones y ramificaciones, como productos efímeros, y frustrados que tienen que sufrir las consecuencias de su separación del cuerpo trófico celular; 3), que como resultado del trauma de la operación, los axones mueren súbitamente: en el protoplasma turbio y granuloso de la cicatriz aparecen fibrillas aisladas que ensayan la formación de asas, y otras figuras, fenómenos que también ocurren en el cabo periférico de los nervios lesionados; 4), y finalmente que, como consecuencia de los resultados anteriores y de los recogidos, de las neurofibrillas en su "actividad" reactiva ambiente, no era aventurado pensar que las hebras del axón, se componían de unidades vivientes, infinitesimales, las "neurcianas", con capacidad de crecimiento, multiplicación y disposición circunstanciales, teoría que explicando muchos cambios neuronales fué muy bien acogida.

Con estos resultados, que la mayoría de sus sabios impugnadores verificaron, y entre los que estaban los más destacados neurólogos de la época, y aún del mismo ferviente, cáustico y talentoso director del grupo catenarista, A. BETHE, salió la concepción neuronal de CAJAL, fortalecida como nunca.

Otro trabajo integrante del anterior, que esbozara ya en el año 1890 con el método cromo-argéntico, y que ahora emprendió con el nuevo fué el de la "Génesis de las fibras nerviosas del embrión, y observaciones contrarias a la teoría catenaria". Llegó a los siguientes resultados: 1), el axón representa la prolongación primaria del neuroblasto, o célula embrionaria, (Fig. 10, 48, 49, y 50); 2), todas las vías nerviosas que desde el tercer día de la incubación en el pollo aparecen en el eje cerebro-raquídeo, constan exclusivamente de axones continuos sin rastro de formaciones catenarias, fenómeno que se repite en los nervios o formaciones extracerebrales; 3), las dendritas que se forman posteriormente, resultan del estiramiento en distintas direcciones del protoplasma neuroblástico, (Fig. 10); 4), las neurofibrillas se forman en las zonas de crecimiento, modelándose bajo la forma de pinceles, extendiéndose después a lo largo del axón rudimentario, (Fig. 51); 5), semejan-

tes a las formaciones fusiformes, redondas, en maza de los nervios regenerados, algunos axones, en su marcha a travéz de los tejidos, exhiben mazas terminales, (Fig. 51).

Termina este período, con las siguientes publicaciones aparecidas en 1907 : 1), Algunos nuevos detalles sobre la estructura de la corteza cerebelosa, en colaboración con R. ILLERA; 2), El aparato reticular de GOLGI-HOLMGREN, colcreado por el método del nitrato de plata; 3), Notas micrográficas; 4), Notas sobre la degeneración traumática de las fibras nerviosas del cerebelo y del cerebro; 5), Formulas de fijación destinadas al método del nitrato de plata; 6), La comprobación histogenética de la teoría neuronal de HIS Y FOREL; 7), Nuevas observaciones sobre la evolución de los neuroblastos, con algunas notas sobre la hipótesis neurogenética de HENSEN Y HELD.

SE LE OTORGA LA MEDALLA HELMHOLTZ Y EL PREMIO NOBEL

1905

En Febrero de 1905, y por comunicación que le dirigiera el Ministro de Estado transcribiéndole pertinente despacho de la Embajada de Alemania en Madrid, CAJAL supo que la Real Academia de Ciencias de Berlín, "por haber dado cima a importantes descubrimientos del saber humano", —como rezaba una de las consideraciones del reglamento respectivo,— le había adjudicado la medalla de oro de HELMHOLTZ, uno de los galardones de mayor prestigio de la época, en Europa, y que la habían merecido figuras de tan grande renombre como E. du BOIS REYMOND, WEIERSTRASS, ROBERT BUNSEN, VIRCHOW, C. G. STOCKES, H. BECKEREL, y otros. Al año siguiente, en Octubre, casi de noche le sorprendió un cablegrama de Estokolmo, de EMILIO HOLMGREN anunciándole que se la había concedido el Premio Nobel de aquel año, junto al gran histólogo de Pavía, CAMILO GOLGI, que con CAJAL había contribuido genialmente a la histología del sistema nervioso. El reconocimiento del mundo científico por la interesante tarea de este hombre singular, había logrado sus más calificados testimonios.

Muy a su altura española, y por las circunstancias especiales que en este certamen se había suscitado por la intervención de GOLGI, estuvo el noble discurso que CAJAL pronunció en el banquete que la Institución Nobel ofreció a sus huéspedes en aquella oportunidad. A su regreso a España don SEGISMUNDO MORET, Presidente del Consejo de Ministros y Ministro de Hacienda de España, le ofreció la cartera de Instrucción Pública. Sin aceptarla en principio —sus memorias dan tes-

timonio de la viva preocupación que la propuesta de MORET le había producido— el ofrecimiento significaba al fin, la posibilidad del desarrollo de una nueva era en la Primera Universidad de España, con mayores recursos para un desarrollo merecido. Habría querido dinamizar toda aquella latente potencialidad productiva cultural que encierra el alma de su pueblo; entre otras cosas, habría deseado organizar un Instituto semejante al Colegio de Francia, destinado a la alta investigación, y, encausar la actividad universitaria dentro de los moldes más ajustados a su misión, más de acuerdo con la realidad y el porvenir españoles. Pero conociendo la realidad de su país y los vaivenes a que estaba sometido su gobierno, en Lisboa aquella vez, —año de 1906— donde a la sazón asistía al Congreso Médico Internacional, recapacitó en la propuesta de MORET, y decidió retirar su promesa. Algún tiempo más tarde ocurrió lo que pensaba; un cambio de aquellos, corrientes, en la política de España dió fin al gobierno de su buen amigo don SEGISMUNDO, y al propósito de éste de hacerle ministro.

SU POLEMICA CON HELD. 1908.

HELD por aquella época, valiéndose del procedimiento novísimo de CAJAL de la plata reducida, modificándola sólo en la fijación con la piridina, en lugar del amoníaco y el alcohol que empleaba CAJAL, quiso hacer revivir la teoría neurogenética de HENSEN, rechazada por eminentes neurólogos como : KÜPFER, RANVIER, HIS, GOLGI, KÖLLIKER, LENHOSSEK, RETZIUS, LUGARO, hacía más de 17 años, en virtud de la que, los axones embrionarios no crecían libremente por entre los elementos extraños como sostenía CAJAL y su escuela, sino que transcurrían por el interior de unos vasos comunicantes preestablecidos. En la médula primordal tales conductos estarían representados por las células ependimarias; en el mesodermo por cadenas de corpúsculos conectivos primordiales. CAJAL destruye la tesis con sus observaciones, resueltamente favorables, por lo demás, a la tesis de HIS, concluyendo entre otras cosas que: 1º, los conos de crecimiento marchan libremente sin forro exógeno, tanto por entre los neuroblastos como por entre las células del mesodermo cruzando incluso el espacio plasmático perimedular, libres, sin ayuda de los elementos o formaciones organizadas al propósito (Fig. 50); 2º, las células nerviosas embrionarias, caídas por axidente en el espacio ventricular, aparecen completamente libres, orientándose sus axones, a su destino, en medio de las ramas nerviosas, (Fig. 52); 3º, tampoco en los hallazgos de la regeneración patoló-

gica, es posible encontrar el supuesto concurso de las "leitzellen" de HELD: los axones caminan desnudos por entre los exudados serosos y los coágulos sanguíneos; 4º, el cultivo de los nervios embrionarios por HARRISON demuestra, que los axones caminan por el plasma nutritivo, independientemente, y que cuando encuentran algunas células, o elementos de fibrina, se deslizan sobre ellos "como una planta joven sobre su tutor".

POLEMICA CON APATHY

Este sabio había refutado las ideas de CAJAL en lo relativo al origen y significación fisiológica de las neurofibrillas de los vermes (hiruda, pontobdella, lumbricus, etc.), ideas que habían sido aceptadas por la mayoría de los investigadores. APATHY, valiéndose de su tesis de la continuidad neurofibrilar en virtud de la que estos elementos, independientes, se continúan por entre las series de células, "ensartándolas", consideraba que los corpúsculos gangliónicos representan solo especies de "encrucijadas" de aquellos conductores, y que las neurofibrillas eran los únicos elementos destinados a la conducción de la energía nerviosa, quedando el protoplasma neuronal reducido sólo a desarrollar su papel trófico. Sostenía además APATHY, que las terminaciones nerviosas sensitivas, sensoriales o motoras, se disponían en asas de retorno, en redes difusas continuas. El origen de las neurofibrillas como sus terminaciones, tal como CAJAL había comprobado en tantos trabajos, era sólo una ilusión: "el todo se continúa con el todo". Tanto en el material de APATHY, como el propio, CAJAL demuestra que ni en las células de la retina, ni en las del simpático, ni en las sensitivos del hirudo, hay indicios de que las neurofibrillas pasen de una célula a otra. Se presentan más bien organizándose en redes intraprotoplasmáticas perfectas, (Fig. 53). Y hasta en los propios dibujos de APATHY, halló CAJAL las formaciones a que alude en su tesis.

NUEVAS INVESTIGACIONES SOBRE EL CEREBELO, LOS NERVIOS CRANEALES DE ANIMALES INFERIORES, LA DEGENERACION Y REGENERACION DE LAS NEURONAS, AXONES Y DE LA MEDULA ESPINAL, ETC. VALIOSA CONTRIBUCION A LA HISTOLOGIA DE LAS NEURONAS, AXONES Y DE LA MEDULA ESPINAL, ETC.

La obra de CAJAL en los años posteriores al señalado fué enorme. Dándose cuenta de ello, en su libro, dividió la tarea en tres clases: a), las monografías histológicas; b), las comunicaciones técnicas; y c), los libros de conjunto.

I.— MONOGRAFÍAS HISTOLÓGICAS :

1.— *Histología comparada del cerebelo, del bulbo raquídeo, de los ganglios acústicos; y el modo de origen y terminación de los nervios sensoriales y motores de los mamíferos, aves y peces.* Corresponden a este trabajo : a), sus hallazgos de las variadas maneras de terminación del nervio vestibular en los peces, aves y reptiles, especialmente una, a la manera de recios conos o placas, íntimamente aplicada a la superficie de los elementos del núcleo secundario del nervio vestibular, hallazgo que contribuía a su teoría del "contacto interneuronal"; b), el descubrimiento en embriones de mamíferos y de aves del foco descendente del fascículo longitudinal posterior; c), la determinación en las aves de la posición y conexiones de los ganglios centrales del cerebelo, y del origen del pedúnculo cerebeloso superior en la cliva cerebelosa; d), el análisis de las relaciones del nervio coclear y del vestibular, de la posición y conexiones bulbares de los ganglios acústicos primarios, de los detalles estructurales de los nervios vago, glossofaríngeo, y otros.

2.— *Formaciones intracelulares.— Estudios sobre la supervivencia de los corpúsculos nerviosos.* Otro de los interesantes trabajos de la época (trienio 1910-1912), fué el relativo a la degeneración y regeneración de las neuronas y axones de los ganglios, cerebelo, cerebro y médula espinal. Pero antes de entrar en este análisis, conviene revisar lo que logró en la estructura del núcleo, confirmando unas veces la presencia de elementos ya conocidos, demostrando otras, nuevos. Así se le debe : a), el descubrimiento de un corpúsculo de pequeña talla, no lejos del núcleo, el "cuerpo accesorio" como lo llamara, de afinidad tincorial distinta enteramente del núcleo principal, o accesorios : (Fig. 54); b), la coloración de una red nuclear, que recuerda al aparato de Golgi protoplasmático; c), la demostración de unos grupos dispersos en plena masa nuclear. Con estos antecedentes realiza su trabajo sobre la supervivencia de los corpúsculos nerviosos, uno de los primeros sobre la materia tendiente a demostrar, que este elemento, a pesar de sus particulares demandas de oxígeno, era capaz de sobrevivir hasta dos días por lo menos, fuera del cuerpo de los animales. Para la demostración de ésta tesis cultivó en líquido céfalo raquídeo, y mantuvo el cultivo en la estufa, a la temperatura de 38° ganglios sensitivos jóvenes de gatos de pocos días de nacidos. A las 16 horas, los ganglios mostraban, activo desarrollo de apéndices ramificados que terminan en masa y que aparecían en distintos sitios del

ccrpúsculo, (Fig. 55). Las investigaciones posteriores con la ayuda de procedimientos perfeccionados, no hicieron sino afirmar los hallazgos de CAJAL, comprobando así aspectos de la actividad celular que había sospechado.

3.— *Degeneración y regeneración de la médula espinal.* Favorables y confirmatorias de su tesis neurotrópica fueron sus investigaciones sobre la degeneración y regeneración de la médula espinal probatoria de que la creación de los retoños nerviosos y su orientación singular dentro de los tejidos estaba condicionada por la liberación de fermentos activadores de la asimilación protoplasmática, agentes catalíticos elaborados por el tejido conectivo embrionario, muy en especial por las células de Schwann, o formaciones similares, como la del manto plasmoidal periganglionar. En condiciones normales no se realiza la producción de estas substancias catalizadoras y por consiguiente es nula la capacidad regenerativa de los tejidos comprometidos, pero cuando las circunstancias son favorables, la tendencia regeneradora se despierta, y es así como pudo CAJAL, probar en material proveniente de médulas de animales jóvenes, a los que había seccionado los cordones anterolaterales, y las raíces sensitivas y motoras, que los axones cordonaes antes inertes y morosos avanzaban activamente por el espesor de las raíces, progresando a su largo a grandes distancias, (Fig. 56). A idénticos é igualmente brillantes resultados llegó su discípulo TELLO, en el estudio de las reacciones del tejido cortical cerebral con segmentos de nervios degenerados. Las células piramidales tan "morosas y apáticas", como las califica CAJAL, al entrar en relación obligada con el tallo del tejido degenerado, entran en una viva actividad; de los contornos de sus cuerpos se desprenden numerosos y larguísimos retoños, que asaltan el secuestro nervioso en la misma forma en que vimos lo hacían en las yemas del nervio ciático interrumpido.

En trabajos posteriores demostró, que capacidad semejante de elaboración de material neurotrópico, presentaban las células conectivas cicatriciales. Esta tesis la apoyó en los siguientes hechos: a), cuando en una intervención medular se provoca una lesión en la pia-mater, se sorprende el desarrollo de haces nerviosos, que provenientes de los cordones medulares inmediatos, se desarrollan activamente en plena masa conectiva cicatricial, lo que demuestra que los elementos de este tejido, poseen la propiedad de despertar, y mantener viva la actividad neofrmdadora de los axones, desarrollando entre otras, la función de atraer los conos de crecimiento, (Fig. 57); b), semejantes

resultados se observan en la médula desprovista de su cordón anterolateral, al comprobar el desarrollo y viveza con que las fibras nerviosas neoformadas en las cercanías de la herida medular, avanzan hacia las raíces anteriores degeneradas, como influídas por las urgentes demandas de regeneración que de ellas emanan, (Fig. 58); c), no todas las fibras neoformadas, siguen el curso descrito, ni obedeciendo la ley de atracción neurotrópica mencionada. Sorprende CAJAL en sus estudios, a ciertos tipos de neurofibrillas que toman camino retrógrado volviendo a la médula y disponiéndose en ella en forma caprichosa, a veces bifurcándose, cuando en su trayecto tropiezan con obstáculos, que interrumpen su final destino.

4.— *Fenómenos precoces de la degeneración traumática de los cilindro-ejes del cerebro.* Dedujo de sus trabajos que las neuronas están dotadas de una actividad particular de adaptación a las condiciones fisiológicas del momento. Así, si se secciona el axón de una de ellas, su cuerpo no muere, y procurando más bien sacar el mejor partido posible de esta contingencia, elimina el fragmento amputado, manteniendo y reforzando las colaterales, una de las que finalmente reemplaza el axón amputado.

Esta interesante tesis de la adaptación funcional a nuevas condiciones como las fisiológicas artificiales provocadas por las mutilaciones, la probó mediante interesantísimas investigaciones. Así: a), si se secciona las fibras de los cordones medulares, se observa de un lado la atrofia y reabsorción de los axones alejados de las colaterales, después de constituir las masas de retracción; y, la hipertrofia y transformación de los colaterales en ramas terminales como si les cupiera la función, ahora, de absorber ellas solas, la energía antes diluida por las arborizaciones, (Fig. 59); b), como resultado de traumas experimentales en el cerebelo y cerebro, las células nerviosas tienen la virtud de transformarse, modificando algunas de sus esencias: así las células de axón largo se convierten en células de axón corto. En la Fig. 60, se vé que las células de Purkinje habiendo perdido la porción periférica de sus axones, por heridas de la porción blanca, hipertrofian considerablemente los colaterales, lo que limitándolas de sus relaciones habituales, les permitirá sólo las que desarrolle con sus congéneres vecinos. En el cerebro ocurre cosa semejante: las colaterales próximas a las heridas experimentales se reabsorben, atacadas como están de la degeneración traumática; las indemnes en cambio, brotadas de la porción inicial del axón se hipertrofian notablemente, adoptando la disposición arciforme (Fig. 61).

Todo lo anterior induce a la conclusión de que tanto en la disposición aislada, como en la arquitectura de las células, no hay causa inmediata, constante, ni pre-establecida, como sostuvieron otros autores, sino como CAJAL piensa, un juego de circunstancias actuantes, físicas y químicas de ambiente.

5.— *Degeneración del tejido nervioso en el cerebro y en el cerebelo.* Era conveniente ahora estudiar el modo y manera de la regeneración del tejido nervioso en el cerebro y cerebelo. No se mostraba esta función tan viva en estos órganos, como lo había sido en los ganglios espinales y en la médula espinal. Examinando los resultados de las lesiones quirúrgicas experimentales provocadas en animales jóvenes, CAJAL demostró que en el cerebro se producían: a), brotes, a nivel de las varicosidades degenerativas axónicas, que se ramifican, y terminan en punta pálida, dando al conjunto de la formación un aspecto similar a la tortuga, por lo que los llamó "aparato testutoide", (Fig. 62); b), en las varicosidades axonales aún activas, ciertos brotes neurofibrilares penetran en la porción muerta de las mismas, y acaban por organizar una singular fina red, cuyos elementos terminan en anillos o botones. Por el aspecto de la formación, semejante a la sepia, CAJAL lo llamó aparato cefalopódico, (Fig. 63).

En sus investigaciones en el cerebelo, de este tema, y con el mismo tipo joven de material animal, comprobó: a), la transformación de la red protoplasmática de las células de Purkinje, en una fina armadura de fibrillas que acaban en botones reticulados, que, para distinguirla de formaciones semejantes, llamóla metamorfosis rosali-forme; b), formaciones dependientes del soma de dichas células, apéndices delgados, terminados después de un corto recorrido, en anillos o varicosidades, (Fig. 64).

6.— *Procesos degenerativos de las fibras y células del cerebro y del cerebelo.* En un deseo de ampliar y corroborar resultados ya señalados en 1907, estudió los cambios de las células y fibras del cerebro y del cerebelo, como consecuencia de las secciones, contusiones o intromisiones de cuerpos extraños en los mencionados órganos. De la copiosa colecta de hechos sobre el particular mencionados: a), los axones cerebrales o cerebelosos interrumpidos a regular distancia de las neuronas de origen, reaccionando vivamente, constituyen "bolas" o "masas" finales, precedidas de varicosidades dispuestas en rosario, cuyos corpúsculos independizados del axón central por autonomía, constituyen colonias neurofibrilares agónicas, que acaban por desaparecer. Sólo quedan: a), las varicosidades próxi-

mas a la porción indemne del axón, adoptando la forma de mazas o botones terminales. En la (Fig. 65), puede verse el proceso de arrosamiento en el cerebro de un perro, por lesión quirúrgica; en la (Fig. 66), los axones de las células de Purkinje del cerebelo del conejo adulto con bolas de retracción, como resultado de una sección experimental; b), las bolas desprendidas por la autonomía presentan hermosos y raros ovillos neurofibrilares, signo evidente de supervivencia y de retoñamiento intraprotoplasmáticos: son las "neurobionas" que dan la impresión de representar, las últimas expresiones de una actividad de relaciones, (Fig. 67); c), en las presiones, contusiones, y traumatismos, no hay muerte súbita de las neuronas; sucumben como consecuencia de un proceso que se inicia en las capas superficiales del protoplasma y termina en las vecindades del núcleo. En las (Figs. 68 y 69) puede verse las graduales alteraciones de las células de Purkinje, y de las del cerebro, respectivamente, con la persistencia de la armadura fibrilar protoplasmática en el eje de las prolongaciones, y en la periferie del núcleo, además de otras prolongaciones intraprotoplasmáticas que llaman la atención por su originalidad; d), como resultado de las conmociones y presiones, hay en la armadura neurofibrilar intraprotoplasmática, cambios semejantes a los de los animales invernantes, o con rabia. En la (Fig. 69), se advierte, como expresión de este fenómeno, desde la hipertrofia neurofibrilar, hasta las formaciones fusiformes; e), los trabajos anteriores le dieron ocasión, para establecer las diferencias anatómicas entre axones vivos y muertos. Los primeros, a los que llama de fibras conservadas, presentan por la forma de su trayecto, constitución estriada, intensidad de coloración, etc., caracteres semejantes a los axones normales, sólo que, a nivel de la herida terminan mediante ganchos o espiras, y hacia lo profundo de la substancia gris por puntas de corrosión, progresivamente pálidas. Los axones muertos en cambio, como se sabe, terminan en las típicas bolas de retracción, (Fig. 70).

METAMORFOSIS PATOLOGICAS Y ACTOS REGENERATIVOS SOBREVENIDOS EN LOS GANGLIOS SENSITIVOS.

El trasplante de los ganglios pequeños de la cola de caballo de mamíferos recién nacidos bajo la piel de animales hermanos (homocronotransplantación), técnica distinta a la empleada por NAGEOTTE, MARINESCO, ROSSI, etc., del trasplante de ganglios jóvenes grandes, bajo la piel de animales adultos (homotransplantación), le dió a CAJAL

ocasión para comprobar que el número de células supervivientes era menor, incluyendo las células centrales y sus axones neoformados, cuya actividad podía notarse por la forma de penetración, en manojos, en los tejidos circunvecinos, por cuyos intersticios se desarrollan en la medida, al parecer, de las sollicitaciones neurotrópicas de la cicatriz circundante, (Fig. 71).

ESTUDIO SOBRE LA DEGENERACION Y REGENERACION DEL SISTEMA NERVIOSO. TRANSPLANTACION Y REIMPLANTACION DE LOS CORDONES NERVIOSOS

Injertos muertos, descompuestos o alterados, no ejercen atracción sobre retoños del cabo central del nervio ciático seccionado, (Fig. 72). Injertos gruesos y frescos realizan esta función sólo por su capa cortical, donde las células de Schwann se mantienen vivaces y activas. Injertos delgadísimos y frescos que mantienen sus propiedades fisiológicas, atraen con toda avidez retoños provenientes del cabo central, de donde se desprende la conclusión de que el manguito schwannico tiene que estar en pleno dominio de su vitalidad para que pueda ejercer la función atractiva neurotrópica que le compete, conclusión confirmatoria de las de MARINESCO, DUSTIN, LUGARO, (Fig. 73). Además en la misma figura se nota que los axones neoformados del cabo central, después de penetrar y recorrer el injerto en toda su extensión, emergen por su otra extremidad para insinuarse en el cabo periférico del nervio seccionado. Y se observa también, que los retoños axonales tienen preferencia por la superficie del injerto, lo que indica que en este lugar se desarrolla con mayor energía el fermento atrayente de la actividad neurotrópica. Tesis ambas que aparte de ilustrar la singular actividad del tejido nervioso, comprueba una vez más la teoría neuronista de CAJAL.

INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES MECANICAS SOBRE LA REGENERACION DE LOS NERVIOS

CAJAL al observar las "bolas gigantes" en ciertos retoños axonales de los procesos degenerativos, pensó que las mencionadas formaciones podían constituirse como consecuencia del atasco o de la detención eventual de las masas; que los retrocesos axónicos podían ser el resultado del choque axonal contra ciertos obstáculos, y que las divisiones de los axones neoformados podían tener como causa, aparte de

la intervención de fuentes neurotrópicas variadas, la acción del atasco. Para probar estas suposiciones, y poniendo en práctica la técnica de la ligadura del cabo periférico de un nervio seccionado, pudo comprobar; 1), que las bolas o masas terminales de los axones lesionados, son el resultado de la detención de los conos de crecimiento; 2), que a veces, en la región de la ligadura, las masas tienen la propiedad de emitir fibras finas exploradoras, que terminan por detenerse, por el atascamiento, o retroceder bruscamente, (Fig. 74); 3), que las variadas secciones hechas en el cabo periférico del nervio seccionado muestran que las divisiones de los "axones asaltantes", se presentan justamente, a nivel de las cicatrices, esto es, en territorios plenos de obstáculos y ricos en material celular conectivo, llenos en consecuencia de fermentos estimulantes neurotrópicos.

Estas investigaciones y otras, sobre la materia, una de las "más minuciosas" según dice CAJAL que le fué dado acometer, las reprodujo en dos volúmenes, que se publicaron, merced al generoso aporte económico de los médicos españoles de la República Argentina.

NUEVA TECNICA DE LA IMPREGNACION ARGENTICA. ESTUDIOS
HISTOLOGICOS SOBRE EL APARATO RETICULAR DE GOLGI, LAS
MITOCONDRIAS, LA GLIA, LAS CELULAS GLANDULARES
EXOCRINAS, ETC.

1912 - 1917

La actividad de un laboratorio histológico, está en continua demanda de nuevos recursos técnicos, por no ser constantes los habituales o por la corriente exigencia de modificar los que están en uso. Los tejidos cuentan con virtualidades propias a su esencia material, físicas o químicas, que escapan a los recursos del momento, razón por la cual es de invalorable beneficio toda contribución en esta materia. CAJAL fué uno de los que dotó a la histología de los mayores y más singulares sistemas de tratamiento y tinción tisulares. Los años de 1912 a 1917 los consagró en parte, a este propósito.

Impregnación argéntica del aparato reticular de Golgi. El aparato reticular de Golgi descrito en las células nerviosas en 1898, pero que CAJAL lo había entrevisto en la fibra muscular de los insectos en 1890, no siempre se lograba visualizar con los métodos que eran de hábito, por ser la fórmula de Golgi, para hallarlos, modificada por su discípulo VERRA, "azarosa y difícil". CAJAL introdujo cierta variante en el proceder argéntico, de mejores resultados, pero inaplicable a

otros tejidos. GOLGI que trabajaba en la misma dirección modificó con toda felicidad la fórmula de CAJAL, empleando como fijador el ácido arsenioso, que tenía el inconveniente de que los depósitos de plata reducida enmascaraban considerablemente las imágenes, obligando al empleo de aclaradores no siempre convenientes, y, además era de difícil manejo. Fué entonces que CAJAL, por casualidad, cayó en el excelente fijador del formol-urano que le dió, y dá magníficos resultados. El aparato reticular de GOLGI, lo mismo que las mitocondrias y la neuroglia podían ser muy bien vistos con la nueva técnica. Con este procedimiento, CAJAL enderezó sus esfuerzos al estudio del mencionado aparato protoplasmático, con tales resultados que pueden considerarse, aún hoy únicos. Véase algunos.

Algunas variaciones fisiológicas y patológicas del aparato reticular de GOLGI. (Trab. del Lab. de Invest. Biol. tomo XII. 1914). Demostró : a), la existencia del aparato reticular endocelular en todos los elementos de la retina; b), describió en sus variadas expresiones al que acompaña a la vaina de Schwann, (Fig. 75), a las fibras de Remak, a los corpúsculos neurológicos y ependimales, a las fibras del cristalino; c), analizó las fases de su desarrollo en las neuronas del embrión de pollo, desde la fase germinal, hasta su final estado en la célula nerviosa adulta. (Fig. 76); d), estudió sus variaciones en las células glandulares, (Fig. 77), (páncreas, glándulas salivares, glándulas intestinales); en los tejidos en vías de regeneración; en las neuronas de los ganglios, médula espinal, (Fig. 78), cerebro y cerebelo; e), describió sus cambios en los tubos nerviosos degenerados (cabo central y periférico de los nervios seccionados), (Fig. 79); en las neuronas vecinas de las heridas, etc. Como resultado de sus observaciones, formula la hipótesis de la dirección "polar mundial" del retículo, y de la esfera atractiva de las células de abolengo ectodérmico, en aquella porción protoplasmática comprendida entre el núcleo y el cabo celular libre, polo orientado hacia el mundo exterior por consiguiente, en ubicación distinta a la de los elementos de cepa mesodérmica (fibras musculares, cartílagos, etc), en que por las frecuentes migraciones pierden los mencionados organitos, la orientación especial primitiva ocupando de ordinario, el centro del protoplasma.

Sus discípulos estudiaron el retículo endocelular en otros terrenos. Así TELLO, los analizó en los tumores y en la porción glandular de la hipófisis; RAMON FAÑANAS en las células gigantes de los tubérculos y tejidos del embrión de pollo; DOMINGO SANCHEZ en los epitelios y neuronas de los invertebrados; SANCHEZ Y SANCHEZ, en las neuronas del cerebelo; CASTRO en los botones gustativos.

La nueva fórmula del nitrato de urano permitió conocer, con toda precisión, muchas otras valiosas estructuras. Así la neuroglia de la substancia blanca y gris de la médula confirman todos los hallazgos que con el método del cromato argéntico, había logrado CAJAL, antes, en particular, los pies capilares, y los gliosomas de FLEANDT, (Fig. 80). Los tubos disociados del nervio ciático del gato adulto, muestran sus singulares estructuras: la especie de sus estrangulaciones, la organización de los tubos finos, las trabéculas longitudinales, la organización de los aros a nivel de la cisura de Lantermann, las vueltas en la porción inicial de los filamentos transversos, etc. etc., (Fig. 79).

INVESTIGACIONES DE LA NEUROGLIA. METODO DEL ORO SUBLIMADO

De grande valor por su constancia y belleza es este método con el que se tiñe en particular la neuroglia humana, difícilmente coloreable antes por las técnicas de Weigert, Fano, Alzheimer, y otros. En manos de su inventor, —CAJAL— la nueva técnica le permitió desarrollar toda una gama de trabajos referentes a la neuroglia. Así pudo comprobar: a), que las expansiones neuróglícas de la glía protoplasmática se continúan con toda prolijidad en la substancia gris, exentas del retículo admitido por muchos autores, y acabando libremente. (Fig. 80); b), que las prolongaciones neuróglícas del tipo llamado protoplasmático, terminan encima del cuerpo de las células ganglionares en forma de botones, ganchos, expansiones trepadoras y ramificadas, etc.; c), que las mismas, a nivel de los vasos, dan escasas formaciones de tipo de pie chupador, siendo en cambio más frecuentes éstas, en la glía fibrosa, (Fig. 81); d), que es frecuente encontrar en torno a las neuronas pléyades de astrocitos protoplasmáticos, cuyos apéndices son ricos en gliosomas, (Fig. 82); e), que puede obtenerse con toda precisión, la imagen del llamado "tercer elemento", justamente por tomar el reactivo áurico; "tercer elemento" también conocido por "corpúsculo adendrítico" o "elemento satélite", por acompañar con mucha frecuencia, a veces en serie, a las células ganglionares, sospechado por ciertos autores pero no demostrado, (Fig. 83).

Estudia la evolución genética de la neuroglia en fetos y mamíferos recién nacidos y establece: a), que los astrocitos jóvenes, como los adultos son capaces de proliferar, del mismo modo que las células epiteliales primordiales dislocadas. Esta capacidad de proliferación de la célula neuróglíca se observa también en el cerebelo adulto, (Fig.

84); b), tanto los astrocitos protoplasmáticos como los fibrosos son descendientes directos de los corpúsculos epiteliales primitivos; se diferencian, después, según el ambiente en que viven. Considera por tanto inadmisibles la hipótesis de otros autores que sostienen la doble estirpe (ectodérmica y mesodérmica de los astrocitos); c), los pies chupadores testimonian la actividad amiboide de los astrocitos, y representan unas veces una neo-proyección protoplasmática, y otras una derivación del apéndice radial dislocado e hipertrofiado, (Fig. 84); d), las fibras de Ramvier - Weigert de los astrocitos de la sustancia blanca son el producto de una diferenciación intraprotoplasmática; e), la característica de la sustancia gris humana, en lo que respecta a la glía, es, su extraordinaria riqueza en ésta, de tipo pequeño, pero provista de un imponente y amplio plexo gliomatoso intersticial, sin menor tendencia a producir fibras protoplasmáticas.

El método fué después, particularmente empleado en las alteraciones patológicas de la glía en el hombre : en la demencia paralítica y senil por ACHUCARRO y GAYARRE; en el perro viejo por LAFORA; en el asta de Amonn y en la histología comparada de la neuroglia por ACHUCARRO; en el reblandecimiento cerebral por RIO HORTEGA. Se le empleó también con singular éxito en el estudio de la neuroglia de animales inferiores, por RAMON FAÑANAS, Dr. HAVET y otros.

Contribución al conocimiento de los centros nerviosos de los insectos. Primera parte : Retina y centros ópticos de los insectos.. (En colaboración con don DOMINGO SANCHEZ). Capítulo predilecto de sus trabajos había constituido la retina, y a ella se consagró nuevamente, por ser estructura de original artificio, y los resortes de su mecanismo accesibles al examen físico; y al emprender la tarea de estudiarla en especies diferentes al hombre, muévele a maravilla y desconcierto la medida en que sus diferencias se afirman con el de otros animales, al punto que "siente tambalear su fé darwinista, abrumado y confundido por el soberano ingenio que campea no sólo en la retina y aparato dióptrico de los vertebrados sino hasta en el ojo más ruin. Allí —dice— "sentí más profundamente que en ningún otro tema de estudio, la sensación escalofriante del insondable misterio de la vida".

Fué una sorpresa grande hallar que la retina de los humildes himenópteros, lepidópteros, neurópteros sobrepasa tanto en su complicada estructura, a la de las aves, y mamíferos superiores, que la de "estos se presentaba como algo grosero, basto y deplorablemente elemental, comparado con los invertebrados, justamente cuando había acudido a este análisis para aclarar e integrar, los estudios de las retinas de "animales evolucionados".

Los insectos eran poseedores no de una retina como las aves, y mamíferos, sino de tres; retina periférica o capa de las ommatidias; retina intermediaria o peri-óptica; y retina profunda o epi-óptica. Contaban con tres quiasmas en lugar de uno, de significación enigmática. Las células amacrinas, y las fibras centrífugas retinianas, eran infinitas y sus enlaces primorosos y también infinitos. Además el ojo saboneta de los insectos consta de engranajes complicadísimos, que no tienen representación en los vertebrados. Semejantes apreciaciones hace del ganglio cerebroide de la abeja de cuya original estructura se ocupa en el libro que publicó con la colaboración de su destacado discípulo D. SANCHEZ.

COMENTARIOS A ALGUNOS ULTIMOS TRABAJOS

Abre este capítulo un sentido recuerdo, para figuras eminentes del pensamiento científico europeo, neurólogos e histólogos admiradores de CAJAL, que habían comprobado sus investigaciones, constituido el grupo más fervoroso de sus partidarios y que, en los luctuosos años de la primera guerra mundial desaparecieron de la vida. Figuran entre ellos van GEHUCHTEN, WALDEYER, EHRLICH, NISSL, N. KRAUSE, OBERS-TEINER, DEJERINE, BROADMANN, ALZHEIMER EDINGER, RETZIUS, DOGIEL, HOLMGREN, HUMBERTO ROSSI.

He aquí algunos trabajos de la época: "Notas sobre las epitelio-fibrillas del apéndice". Junio de 1919. Trab. del Lab. de Invest. Biol. En las (Fig. 85 y 86), se puede apreciar los tipos de células epiteliales del apéndice de gatos de mes y medio de nacidos; 1), células reticuladas con abundantes penachos fibrilares que avanzan a la luz del espacio ependimario, provistas de fibras radiales emanadas del retículo; 2), células de retículo flojo; 3), células desprovistas de retículo perinuclear, poseedoras de fuerte haz lateral de gliofibrillas.

"Acción neurotrópica de los epitelios". Trab. de Invest. Biol. tomo XXII. 1919. El desarrollo de las terminaciones sensitivas sensoriales, pasa por diferentes estados. Los haces aislados o poco anastomosados que surgen al principio en las formaciones embrionarias, se agrupan en pinceles más o menos agudos que se juntan en plexos tangenciales primarios para dar nacimiento a haces secundarios, ascendentes, exploradores, que terminan "por asalto", en las formaciones epidérmicas a que van destinadas. La fase de plexo expectante corresponde a una acción difusa, global neurotrópica, de la que emanan finas ramas que penetran en el epitelio y moldea su aparato terminal. (Figs. 87, 88 y 89).

CONSIDERACIONES SOBRE LA MESOGLIA DE ROBERTSON (?)
Y LA MICROGLIA DE RIO HOSTEGA

(Trab. del Lab. de Invest. Biol. t. XVIII fasc. 273, Diciembre de 1920). Con auxilio de una modificación del método de BIELSCHOWSKY, del óxido de plata amoniacal, logró obtener muy interesantes imágenes y datos sobre la mesoglia o microglia, comprobando investigaciones similares anteriores en la médula, y agregando detalles de significado valor. Puso en evidencia la presencia de glías satélites perineuronales, y el comportamiento particular de este elemento en la substancia blanca. Hace ver que el "tercer elemento" de los centros nerviosos, descrita en 1913, corresponde sólo en parte a las células mesogliales, y que muchos, designados con tal nombre, situados en las vecindades de los vasos, y al rededor de las neuronas, son colorables, y dotados de actividad enigmática: los designó con el nombre de satélites enanos o globulosos, (Fig. 90 y 91).

TEXTURA DE LA CORTEZA VISUAL DEL GATO

(Trab. del Lab. de Invest. Biol. t. XIX 1921). Valiosos y probatorios de sus trabajos anteriores, de hacía muchos años de la cisura calcarina humana, fueron sus investigaciones sobre la corteza visual del gato, que posee como aquella, las ocho capas que le son específicas. Anota en el gato la existencia de las células estrelladas de la 4ª capa cuyo axon persigue hasta la substancia blanca, y los corpúsculos de axon arciforme ascendente, algunas de cuyas colaterales se continúan en tubos de aquella substancia, (Figs. 92, 93, y 94).

ESTUDIOS SOBRE LA FINA MORFOLOGIA DE LA CORTEZA VISUAL DE
LOS ROEDORES, CORTEZA SUBOCCIPITAL (RETROESPLENIAL
DE BRODMAN)

(Trab. del Lab. de Invest. Biol. t. XX, 1922). Antes que otros investigadores, CAJAL había estudiado este tipo de corteza, sólo que la publicación pertinente a pesar de haber sido publicada también en alemán por KÖLLIKER, no fué conocida. Se menciona en este trabajo detalles de la morfología de las neuronas de las diferentes láminas; de la marcha de sus axones; de las conexiones interneuronales y de lo más típico de esta corteza: la zona plexiforme intragris, rica en fibras, y, de la existencia, en vez de la zona de las pequeñas pirámides, de corpúsculos fusiformes bipenachados que ofrecen la singularidad de emitir axones no del soma sino de los penachos dendríticos, (Fig. 95).

LA DESORIENTACION INICIAL DE LAS NEURONAS RETINIANAS DE
AXON CORTO

1919

(Trab. del Lab. de Invest. Biol. tomo XVII junio de 1919).— Fundándose en la propiedad del método de la plata reducida de teñir en la retina embrionaria casi exclusivamente las neuronas retinianas de axon corto, observa en preparaciones de ratones recién nacidos, curiosas propiedades relativas a la migración de las células, y al arreglo de sus prolongaciones hasta lograr disposiciones definitivas. En las Figs. 96, 97, 98, 99 se puede observar las distintas fases del fenómeno. Primero las células poseen expansiones ascendentes y descendentes, nacidas del "polo mundial protoplasmático" esto es de aquellas porciones ocupadas por el aparato endocelular de GOLGI; después, crean expansiones numerosas, adaptándose, al principio a las condiciones mecánicas ambientes, y a la influencia de fuentes neurotrópicas posteriormente, emanadas de los cabos inferiores de los conos y bastoncitos, de modelación contemporánea con aquellos; disponen finalmente, su cuerpo y en particular sus expansiones, en los estratos a que van finalmente destinados, en este caso, la capa plexiforme externa. Demuestra en este trabajo la capacidad migratoria del cuerpo celular que ocupando al principio planos diversos de la retina, se reúne mas tarde en una sola lámina (sub-zona de las células horizontales de la capa 5^o), y la reabsorción de las prolongaciones que al llegar a un estado de extravío excesivo no adquieren más conexiones normales. Además comprueba, como ya se ha dicho, que las células no están sujetas en sus primeros periodos de crecimientos a influjos neurotrópicos, que sólo aparecen más tarde.

PLAN FUNDAMENTAL DE LA RETINA DE LOS INSECTOS

1915

(Bol. de la Soc. Esp. de Biología. 1915).— En páginas anteriores nos referimos al libro que en colaboración con su discípulo Dn. DOMINGO SANCHEZ, había publicado sobre la materia: "Contribución al conocimiento de los centros nerviosos de los insectos; primera parte: Retina y centros ópticos; 1915".— El trabajo que comentamos, resumiendo algunas inducciones teóricas de aquel, tenía por propósito formular el plan fundamental de la retina de los insectos, y establecer sus probables homologías con la de los vertebrados, moluscos y crustáceos. La mencionada membrana consta en los insectos de tres

capas, que según el lugar que ocupa toman el nombre de retina externa, intermediaria y profunda.— La corriente nerviosa en ellas, según la teoría de CAJAL de la polarización axípita, expuesta en 1897, era fácilmente explicable; mas quedaba pendiente la función del "mango", o pedículo que une el cuerpo celular al sistema conductor, axonal o dentrítico. —Basándose en sus estudios de esa época, y en las consideraciones que sugiere el análisis morfológico celular respectivo de la serie animal, llega a la conclusión de que en los insectos las dos funciones del cuerpo neuronal (trófica y de conducción) se han separado; que la primera queda localizada en el cuerpo donde se aloja el núcleo; y que la segunda queda reservada al axon y a las dentritas. A esto se debería el hecho de que ambas partes de la célula ocupan lugares diferentes: el cuerpo en las proximidades de las cavidades nutricias, el axon y dendritas, intercaladas entre las fibras conductoras. Pero queda el "mango" creado con el objeto de transmitir el influjo trófico, refractario a la conducción del impulso nervioso. Este concepto quedaría justificado por el hecho de que mientras en la región de las dentritas las arborizaciones nerviosas terminales exhiben un desarrollo hipertrófico, el "mango", porción intercalada entre el soma y las dentritas presenta una extremada atrofia, según se vé en la Fig. 100).— La misma muestra los diferentes tipos morfológicos de las células de la retina de los insectos, los "mangos" tenues; las neuronas de arborizaciones únicas; las de expansiones bifurcadas; las dotadas de dos tipos de arborización una superior o axípita, y otra terminal, etc.

En este mismo trabajo, y con análogas inducciones emite la opinión de que la monopolaridad de las neuronas de los ganglios raquídeos durante la fase embrionaria se debe principalmente a la emigración de los cuerpos celulares hacia la periferie del ganglio en pos de oxígeno y de materias nutricias; tal dislocación del cuerpo celular, no seguida por las dentritas, determinaría el cambio de la forma bipolar o primitiva en monopolar o secundaria (Fig. 101).

HISTOLOGIA COMPARADA DEL CEREBELO, DEL BULBO RAQUIDEO, DE
LOS GANGLIOS ACUSTICOS, Y EL MODO DE ORIGEN Y TERMINACION
DE LOS NERVIOS SENSORIALES Y MOTORES DE MAMIFEROS, AVES Y PECES.

Estos trabajos están publicados en varios números de la revista. Trab. del Lab. de Invest. Biol. desde el año de 1908 hasta 1912, y constituyen cuerpo fundamental de su "Monografías Histológicas". Va-

liéndose de su novísimo método argéntico, con fijación previa de piridina, hidrato de cloral o alcohol amoniaco, que revela con admirable limpieza las neuronas voluminosas y los robustos cilindro-eyes, se puede perseguir con toda facilidad su desarrollo y curso por destacarse de las masas de substancia gris retrazadas en su evolución y por esto, apenas teñidas.— De los datos de aquel trabajo, he aquí los de mayor significación: a), hallazgo en los peces, aves y reptiles de varios focos de terminación del nervio vestibular, y entre ellos de uno mas interesante, por la manera de terminación de las fibras del mencionado nervio, bajo la forma de recios conos o placas, sobre la células de las vías secundarias del nucleo en referencia. Este hecho confirmado por otros investigadores, entre ellos TELLO y LENHOSSEK, tenía además la importancia de representar un testimonio más, de calidad, de la doctrina del contacto, (Fig. 102); b), demostración en los embriones humanos, de mamíferos, de aves y de peces del foco intersticial del fascículo longitudinal posterior, y de sus relaciones, (Figs. 103 y 104); c), descubrimiento en la capa granulosa del cerebelo de los mamíferos, de cierta clase de nidos celulares formados por las colaterales de los axones de Purkinje, que encierran neuronas fusi-formes o asteriformes cuyas prolongaciones, probablemente deben continuarse en la substancia blanca; (Fig. 105); d), demostración de las terminaciones caliciformes del nervio vestibular de las aves en el epitelio de las crestas acústicas, y de las fibras finas del mismo distribuidas en plexo horizontal, por debajo de dichas células, (Fig. 106); e), determinación minuciosa en el bulbo de las aves de la posición y conexiones de los ganglios acústicos primarios, y del origen y curso del cuerpo trapecoide o vía acústica secundaria; f), determinación en el bulbo de las aves y mamíferos del origen y curso de las vías emanadas de los corpúsculos gigantes de la substancia reticular.

En 1906 fué designado Miembro Corresponsal de la famosa Academia de Roma (Regia Lyceorum Academia); en 1909. Fellow de la Real Sociedad de Londres; en 1910, Socio Corresponsal de la Real Academia de Ciencias de Turín; en 1912, Socio Corresponsal de la Sociedad Italiana de Neurología; en 1911, Doctor honorario de Medicina por la Universidad de Cristiania; en 1912, Miembro extranjero de la Real Academia de Turín; en el mismo año, Miembro honorario de la Sociedad Real de Ciencias Médicas y Naturales de Bruselas, y profesor honorario de la Universidad de Dublin; en 1913, Asociado extranjero de la Academia de Medicina de París; en 1916, Miembro Corresponsal del Instituto de Francia. En 1914 el gobierno francés le otor-

gó la condecoración de la Legión de Honor (Comandeur); en 1915 el emperador alemán le favoreció con la cruz de la Orden "Pour le mérite". La Academia Española de la Lengua, necesitada de un técnico de las voces y expresiones médicas y biológicas, le llamó a su seno y años después (1910), el ilustre y malogrado Canalejas, a la sazón jefe del partido liberal, le nombró Senador vitalicio.

Llegamos al fin de este trabajo, y con él, a las páginas últimas, que CAJAL dedica a la historia de su vida y de su obra. Había alcanzado los 70 años, el régimen de las disposiciones de la jubilación que le alejaban del claustro, cortando para siempre el diario coloquio con los discípulos —dice— sentidamente; y, añade: "ello no me pesa; encuéntrolo acertado y razonable. La fría vejez con sus desilusiones y achaques, es, salvo raras excepciones, incompatible con la buena enseñanza oral, que pide expedición y agudeza de sentidos, palabra fácil, cálida, briosa; voz vibrante y robusta, agilidad de memoria y de pensamiento, y flexibilidad de atención capaz de saltar instantáneamente desde la serena y elevada región de las ideas hasta los vulgares y enojosos menesteres del mantenimiento del orden; empresa ésta nada fácil en clases donde concurren 400 mozos cuya mayoría mira al estudio cual enfadosa vejación, y ansía impaciente calentarse antes que en la luz del saber, en la de calles y jardines".

El Ministro de Instrucción Pública presentó a las Cortes un proyecto para la concesión de créditos excepcionales para la construcción del "Instituto Biológico que ALFONSO XIII bautizó con el nombre de "Instituto CAJAL", edificio que terminado y en funciones logró ver el Maestro en el cerro de San Blas, en Madrid, junto al Observatorio Astronómico donde funciona actualmente.

En todos los lugares del mundo científico se le rindieron honores especiales: españoles y argentinos, solemnizando su jubilación iniciaron una subscripción para pensionar en España y en el extranjero a profesores y alumnos sobresalientes, gracia que, creo, continua.

Se retiraba de la docencia aunque nó aún de la investigación, pues seguía trabajando en su gabinete particular a pesar de sus años y achaques. Su vida y obra son una constante réplica al destino de su pueblo, otrora tan grande "que en sus dominios no se ponía el Sol". No sólo en sus emocionadas impresiones ante las victorias de Prim y O'Donnell, en sus juicios sobre la revolución de Setiembre, y la guerra de Cuba, y su gran depresión de 1898, y en toda una serie de episodios biográficos ulteriores a esa dolorosa fecha —como apunta Lain Entralgo— es que asoma la cifra de la actitud de CAJAL, ante lo que

suele llamarse "el problema de España"; nó, es a lo largo de su empeño iluminado que hay que verle como héroe legendario de su pueblo. CAJAL es el reedescubridor de España. La reconquista de su grandeza fué —así se desprende de su obra— tema constante de su temple castellano: realizar obra española, íntegramente tal, semejante sólo a aquella de dar "nuevos mundos al mundo"; y reengrandecerla —entendía— no sólo por el logro del esfuerzo singular, —así fuera elevadísimo como el suyo—, sino por la preparación de quienes lo continúen, superen y perennicen. Hablando de la investigación a la par que del magisterio dice: "crecen los desvelos, pero aumentan también las venturas. Sobre dar pábulo a elevadas tendencias se goza de los deleites de la paternidad ideal, y se sentirá el noble orgullo de haber cumplido honradamente con su triple misión de investigador, de maestro y de patriota. Ya no destruirá su vida en melancólica soledad; antes bien, verá su ocaso rodeado de un séquito de discípulos entusiasmados, capaces de comprender su obra, y de hacerla en lo posible prolífica, y perenne".

Y en esto cuán bien debía haberse sentido don Santiago cuando en el atardecer de sus añoranzas viera aparecer en persona y en obra a los que iban a seguirle. En sus "Memorias" hace mención de A. SALA, TERRAZAS, C. CALLEJAS, OLORIZ, AGUILERA, BLANES, VIALE, J. BARTUAL, I. LAVILLA, E. DEL RIO LARA, MARQUES, P. RAMON CAJAL, F. TELLO, N. ACHUCARRO, DOMINGO SANCHEZ, RODRIGUEZ LAFORA, DEL RIO HORTEGA, FERNANDO DE CASTRO, y a LORENTE DE NO. Muchos de los últimos entre ellos ACHUCARRO, LAFORA, RIO HORTEGA, en goce del beneficio establecido por la Junta de Pensiones de la que CAJAL fuera presidente, ampliaron sus conocimientos en el extranjero, y continuaron trabajando en el Laboratorio de Madrid y en la Revista de CAJAL con comunicaciones interesantes.

La heredad de CAJAL no es mítica: díganlo sino la obra de sus continuadores, DON FRANCISCO TELLO Y DON FERNANDO DE CASTRO en el Instituto Cajal, de Madrid, con aquella singularísima revista "Trabajos del Instituto Cajal de Investigaciones biológicas" que publican; la de los que en el extranjero, españoles o no la cultivan: la secuela de la escuela de Cajal que en la Argentina dejó el malogrado don RÍO DEL RIO HORTEGA; LORENTE DE NO que en los EE. UU. realiza obra singular.

No hay deuda para con su memoria y obra: una constante admiración alumbra su recuerdo, y un esfuerzo calificado en España o fuera de ella es el testimonio de como a los 100 años de su nacimiento y 16 de su muerte, se le sigue; y no habrá rincón donde se investi-

que el sistema nervioso en que no se revisen sus doctrinas, se empleen sus métodos, y se le siga con fé, porque inquietudes de esta especie no reconoce límites, y más, si el camino de sus penetraciones quedó facilitado por obra genial.

El 17 de Octubre de 1934, a los 88 años, murió Cajal en Madrid. Victorio Macho nos refería que a su entierro acudió poca gente. La tormenta de la guerra civil se cernía sobre España. Pero ahora y siempre la llama que prendió Cajal en el caso español del siglo XIX, por sus dominios, y dimensiones será imperecedera.

FIN

LAMINA I

Fig. 2.—Corte transversal de una lámina cerebelosa. A y B, células estrelladas de la capa molecular cuyos axones terminales (a) forman nidos alrededor de las células de Purkinje, (C); (b) axon de una de de éstas células.

Fig. 2.—Corte longitudinal de una lámina cerebelosa: A, capa molecular; B, capa de las células de Purkinje; C, capa de los granos; D, substancia blanca; a, rosáceas de las fibras musgosas; c, fibrillas paralelas; d, granos con axon ascendente; e, división de este axon. (Figura semiesquemática).

Fig. 3.—Figura semiesquemática del corte transversal de una circunvolución cerebelosa. A, capa molecular; B, capa de los granos; C, células de Purkinje; a, arborización trepadora; b, axon de Purkinje; c, cilindro eje llamado de la substancia blanca y ramificado sobre las dendritas de las células de Purkinje.

Fig. 4.—Figura transversal semiesquemática de la lámina cerebelosa de mamífero; A, zona molecular; B, zona de los granos; C, zona de la substancia blanca: a, célula de Purkinje; b, células estrelladas de la capa molecular cuyos cilindro-ejes constituyen los cestos de las células de Purkinje; d, arborizaciones finales que rodean las células de Purkinje; e, células estrelladas superficiales; g, granos con su cilindro-ejes ascendentes bifurcados en Y; h, fibras musgosas; j, célula neuróglia de penacho; n, fibras trepadoras; m, células neuróglia de la zona de los granos; f, células estrelladas grandes.

LAMINA I

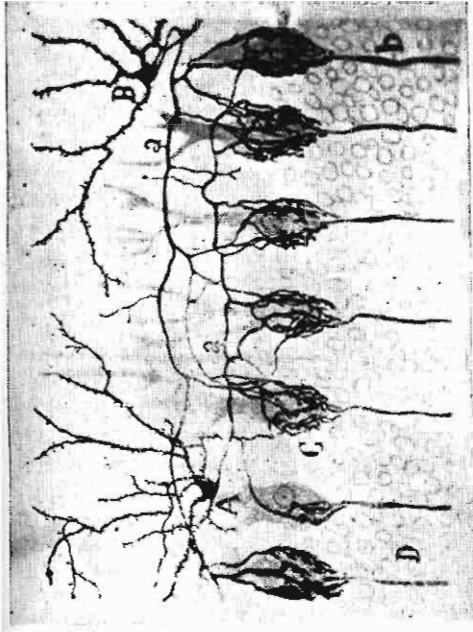


Fig. 1

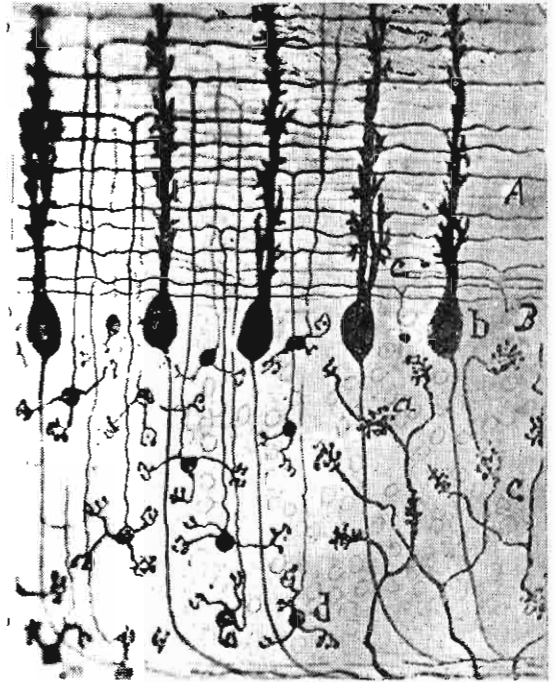


Fig. 2

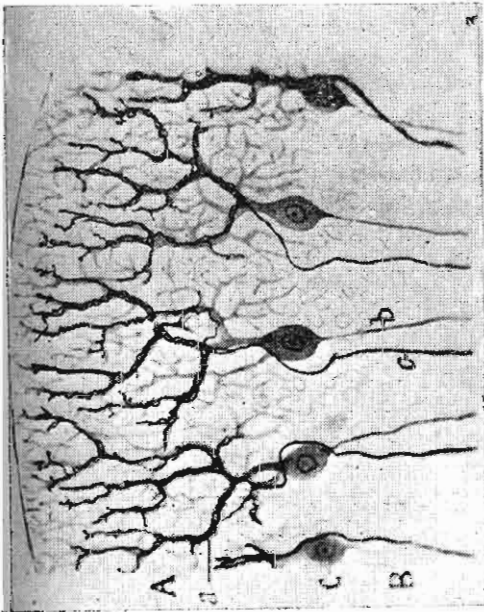


Fig. 3

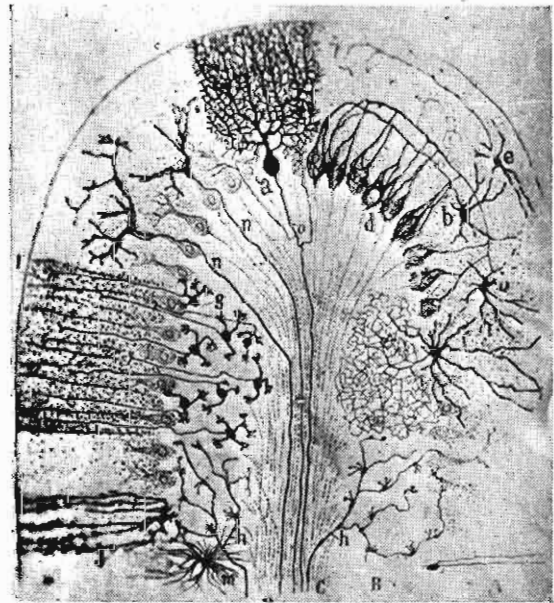


Fig. 4

LAMINA II

- Fig. 5.— *La estructura de la substancia gris de la médula espinal según los autores de la época pregolgiiana.*— A, raíces anteriores; B, raíces posteriores; C, red intersticial de la substancia gris; D, surco anterior de la médula; E, cordón de GALL; F, cordón de BURDACH; H, célula motriz; I, vía piramidal cruzada; G, columna de CLARK; J, ganglio sensitivo.
- Fig. 6.— *Terminaciones nidales periganglionares del asta posterior.*— Método de Ehrlich.
- Fig. 7.— *Desarrollos finales de las fibras trepadoras del tallo y ramaje de las células de Purkinje.*
- Fig. 8.— *Las comunicaciones sensitivo-motrices de la médula espinal según GOLGI (I) y CAJAL (II).*— A, raíces anteriores; B, raíces posteriores; a, colateral de la radicales motrices; b, células de axón corto que según GOLGI intervienen en la formación de la red; c, red difusa intersticial; d, colaterales de CAJAL en contacto con las células motrices; e, colaterales cortas.

LAMINA II

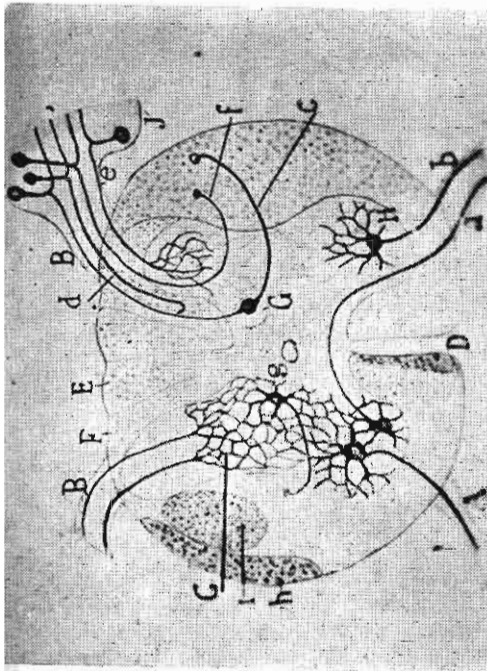


Fig. 5

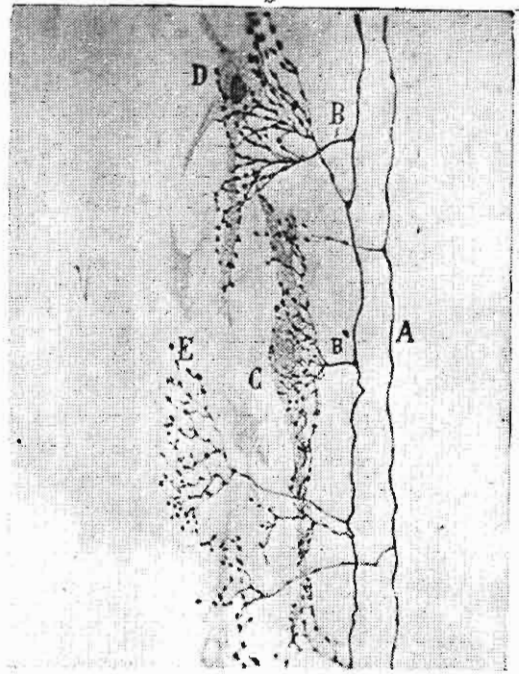


Fig. 6

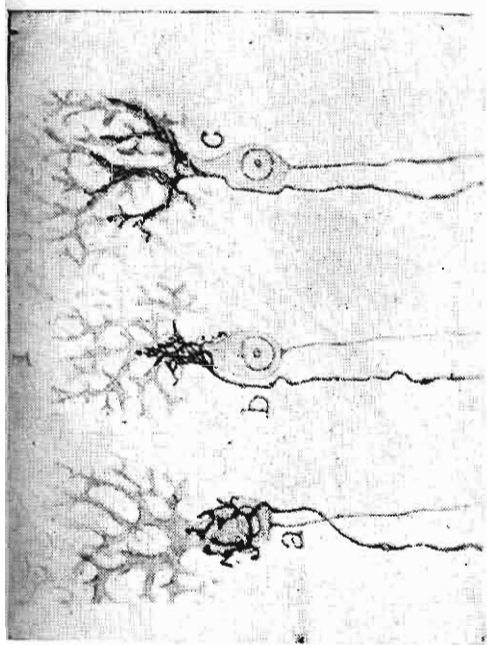


Fig. 7

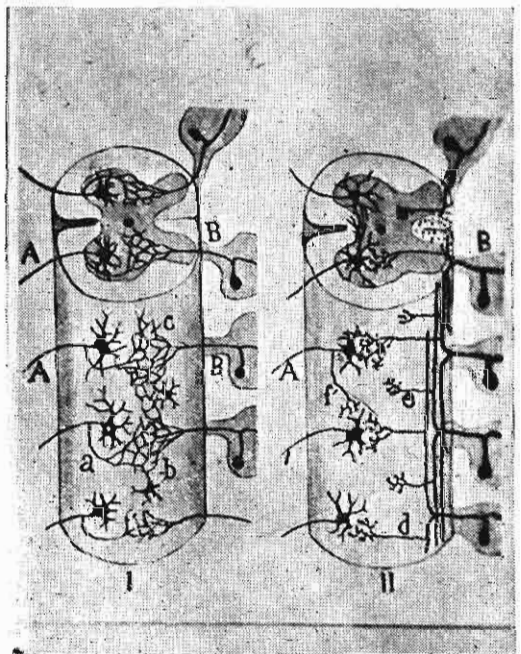


Fig. 8

LAMINA III

Fig. 9.—Curso de la raíces posteriores, y origen de las colaterales de los cordones posteriores y laterales de la médula espinal.— A, radicales sensitivas.

Fig. 10.—Evolución de la fibra nerviosa según las observaciones de HIS y CAJAL.— A, célula germinal; B, fase bipolar con formación de la maza de crecimiento; C, fase de neuroblasto propiamente dicho; D, aparición de las dendritas (b); E, modelamiento de estas, y formación de las colaterales y terminales. (obsérvese la maza o cono de crecimiento (a), descubierto por CAJAL).

Fig. 11.—Fases de la formación y desplazamiento de los grupos del cerebelo; 1 célula germinal; 2 y 3, aparición de las expansiones polares; 4, constitución de la célula bipolar horizontal; 5 y 6; aparición de las expansiones descendentes; 7 y 8; bipolaridad vertical; 9 y 10; creación de dendritas provisionales de tanteo; 11 y 12, modelamiento de las expansiones definitivas.

Fig. 12.—Desarrollo de las ramificaciones de las células de Purkinje.— a), dendritas provisionales; c), formación exuberante de colaterales.

LAMINA III

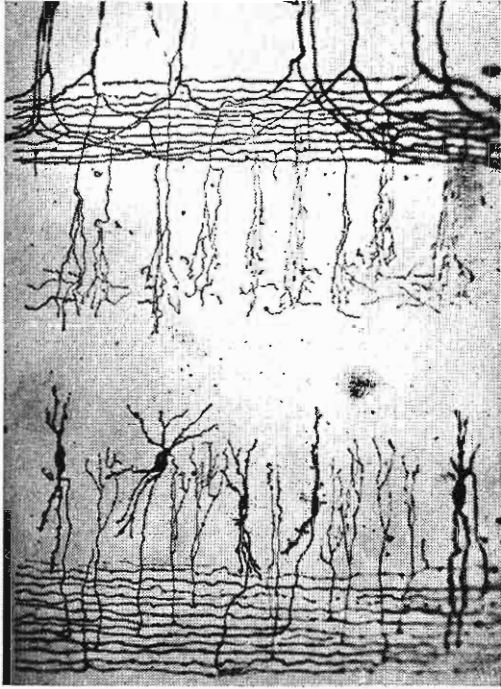


Fig. 9

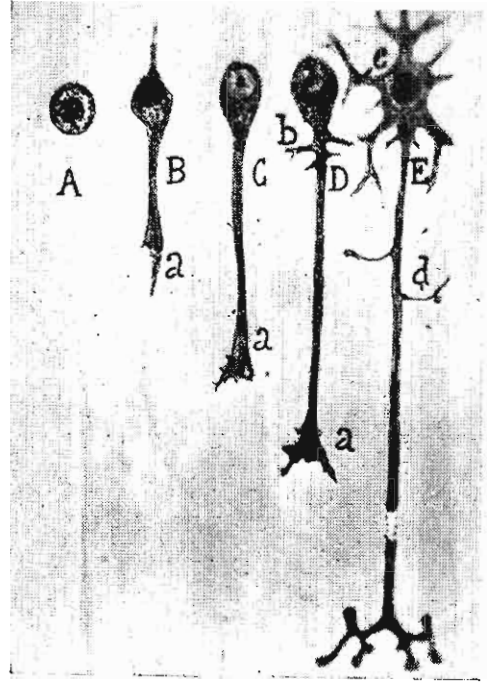


Fig. 10

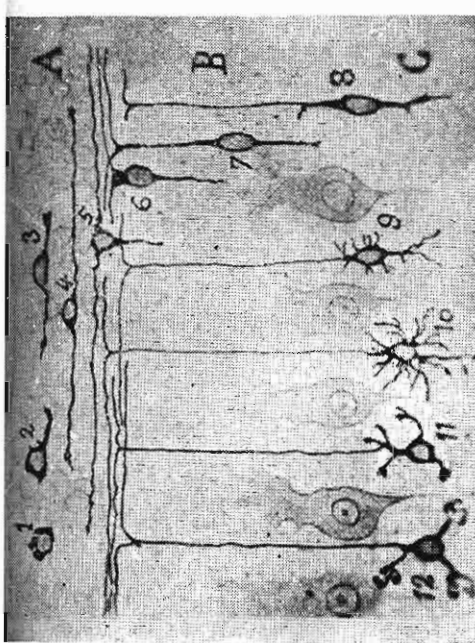


Fig. 11

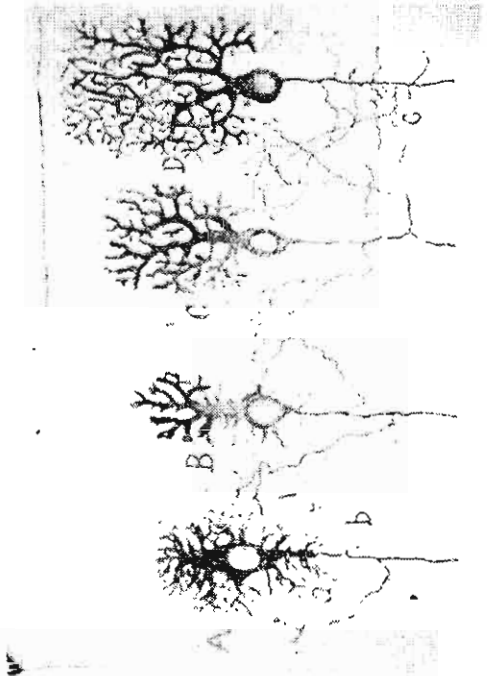


Fig. 12

LAMINA IV

Fig. 13.—Corteza gris del lóbulo óptico de un pájaro; diversos tipos de arborizaciones libres (α , b , c) de las fibras llegadas de la retina

Fig. 14.—Manera del influjo nervioso en las células de cayado del lóbulo óptico de los peces, batracios, y reptiles; el axón surge de una dendrita a gran distancia del cuerpo celular. Esta marcha se explica por la teoría de la polarización axípeta.

Fig. 15.—Algunos de los más importantes hallazgos de CAJAL en la retina de los mamíferos.— a , b , células horizontales con sus axones (d , e ,) terminados en la capa plexiforme externa; f , g , h , m , n , variedades de células amacrinas dislocadas; r , fibras centrífugas.

Fig. 16.—Tipos de articulación interneuronal en el bulbo olfatorio de los mamíferos. A , mucosa olfativa; B , lámina cribosa del etmoides; D , fibra olfativas; C , célula mitral; a , glomérulo de encuentro de las arborizaciones de las fibras olfativas y del penacho de las células mitrales; f , célula bipolar olfativa; d , axón dirigido a la región esfenoidal del cerebro.

LAMINA IV

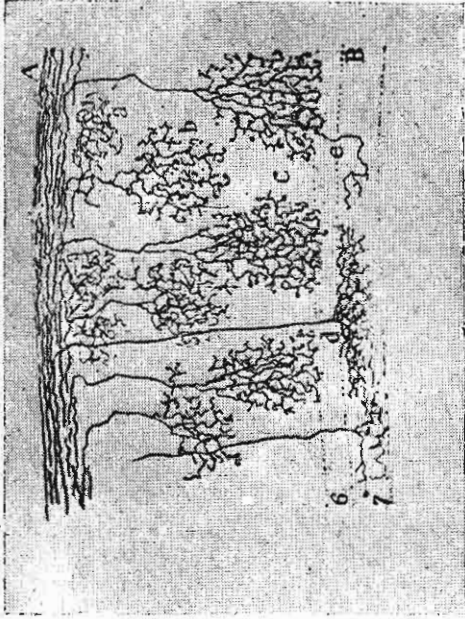


Fig. 13

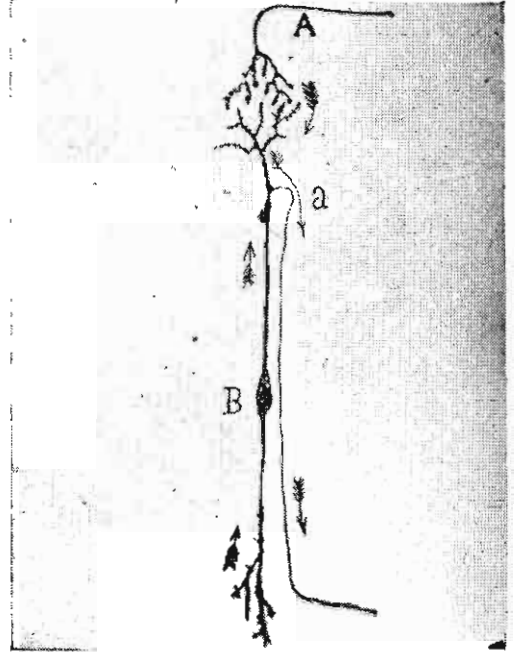


Fig. 14

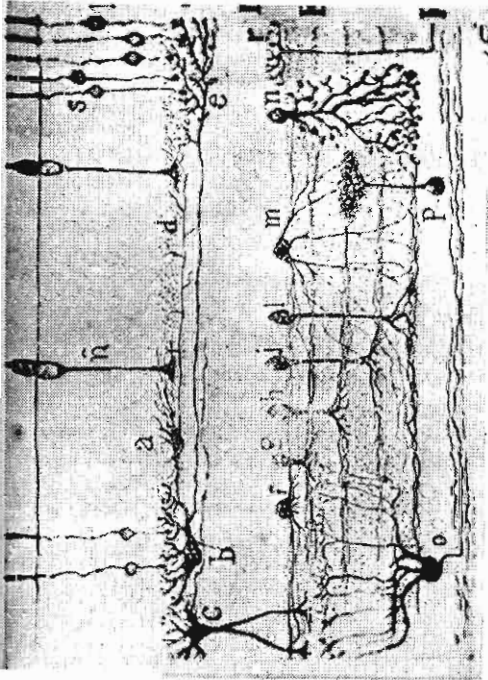


Fig. 15

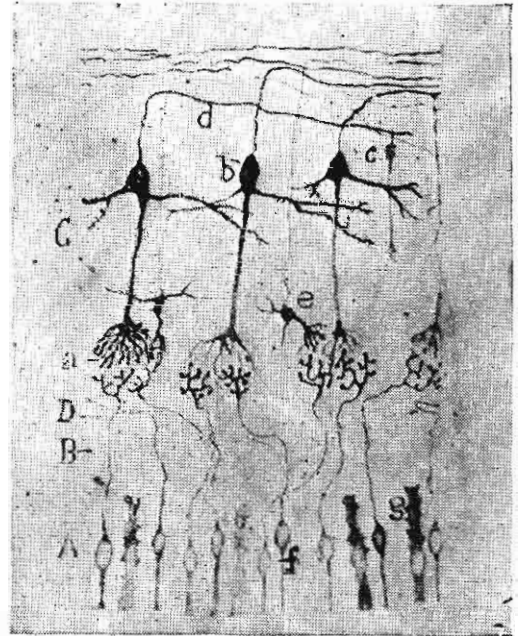


Fig. 16

LAMINA V

Fig. 17.—Algunos de los hallazgos de CAJAL en 1890-1891, en la corteza cerebral de un mamífero de pequeña talla (conejo, ratón).— *a*, pequeñas células estrelladas de la capa plexiforme superficial; *b*, células fusiformes horizontales; *c*, célula de axón ascendente arborizado en la capa de las pirámides medianas; *d*, neurona de la lámina de los corpúsculos polimorfos cuyo axón arboriza en la capa molecular; *h*, colaterales de la sustancia blanca; *f*, ramificación terminal de las fibras sensitivas; *g*, colaterales de los axones de las pirámides destinadas al cuerpo estriado; *A*, lámina plexiforme; *B*, lámina de las pequeñas pirámides; *C*, lámina de las pirámides medianas; *D*, de las pirámides grandes; *E*, de los corpúsculos polimorfos; *F*, sustancia blanca; *G*, cuerpo estriado.

Fig. 17a.—Tipos de células de axón corto de la capa molecular del cerebro.

Fig. 17b.—Espinass colaterales dendríticas teñidas con el procedimiento de Ehrlich modificado.

Fig. 18.—Doble vía visual de la retina de los mamíferos; *d*, *e*, *r*, camino recorrido por la excitación visual.

LAMINA V

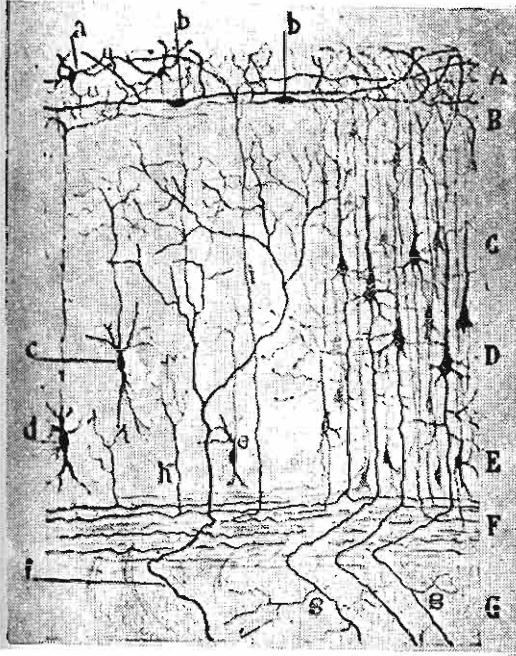


Fig. 17

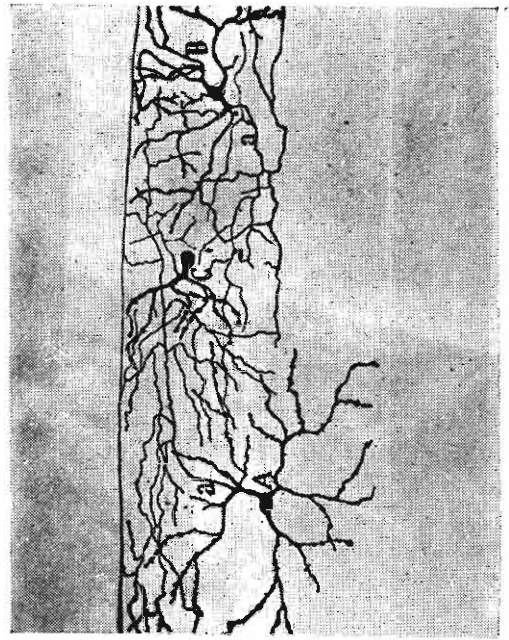


Fig. 17a.

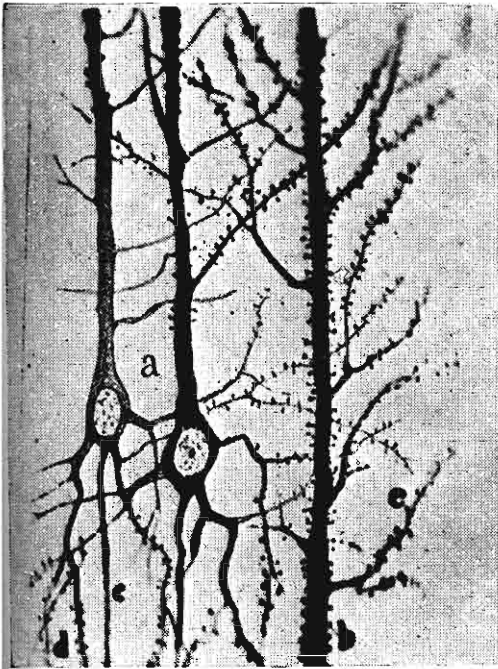


Fig. 17b.

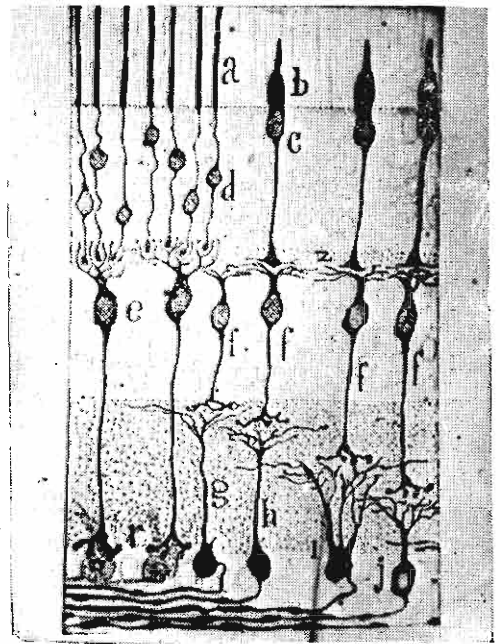


Fig. 18

LAMINA VI

Fig. 19.—Esquema de la evolución filogenética y ontogenética de las "células psíquicas", o pirámides cerebrales.— A, célula piramidal de un batracio; B, de un reptil; C, de un conejo; D, del hombre; a, b, c, d, fases de la evolución de la "célula psíquica" en los embriones de mamíferos.

Fig. 20.—Hallazgos principales de Cajal en la retina de la perca.— A, B, C, vías específicas de las impresiones recogidas por los bastoncitos; D, E, F, vías de las impresiones recogidas por los conos; G, H, células horizontales; a, i, elementos especiales de la retina de los peces.

Fig. 21.—Esquema de la estructura del asta de Ammon y fascia dentata.— A, asta de Ammon; B, cuerpo abollonado o fascia dentata; D subículo; C, fimbria; a, pirámides superiores; b, pirámides inferiores.

Fig. 22.—Conexión entre los axones de los granos de la fascia dentata y las gruesas pirámides del asta de Ammon.— A, capa molecular de la fascia dentata; B, axón de los granos; C, pirámides grandes; D, fimbria; c, b, fibras aferentes de los centros olfativos secundarios; a, axón. Las flechas indican la dirección de la corriente, según CAJAL.

LAMINA VI

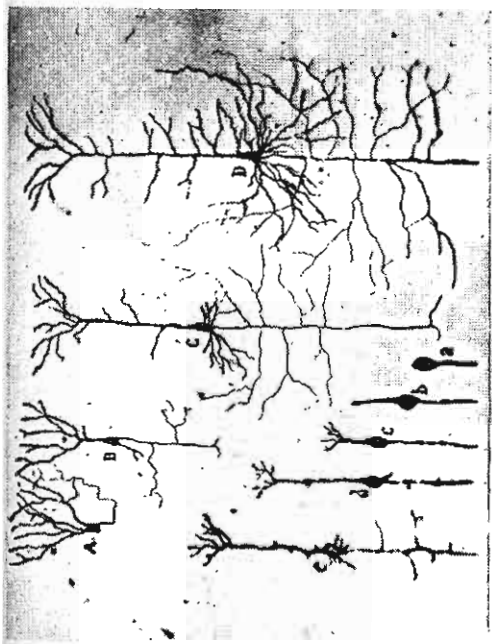


Fig. 19

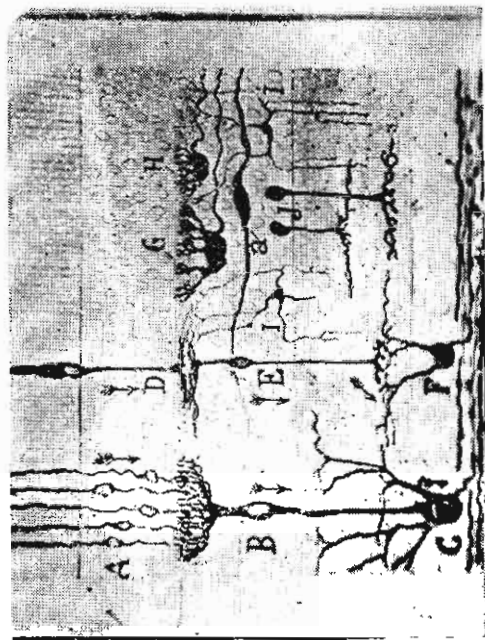


Fig. 20

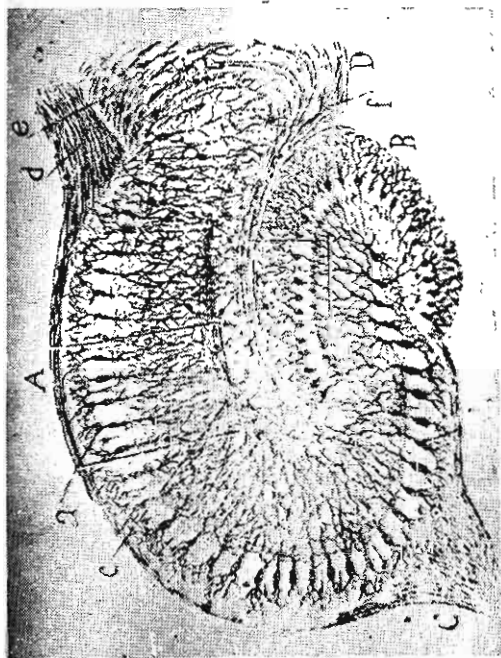


Fig. 21

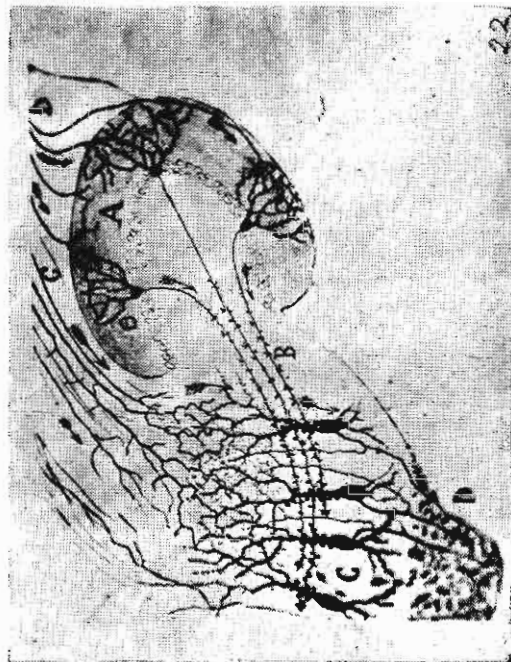


Fig. 22

LAMINA VII

Fig. 23.—Principales hallazgos de CAJAL en la fascia dentata.— A, célula de axón ascendente; B, y C, pirámides de axón terminal en nidos (e) que rodean a los granos; E, zona plexiforme.

Fig. 24.—Diversos tipos de células del gran simpático del perro. Axón c, desprovisto de ramificaciones.

Fig. 25.—Corte transversal de la protuberancia de un ratón con el origen de los pedúnculos cerebelosos medios.— A, vía motriz; C, células protuberanciales; E, porción epitelial de la hipófisis.

Fig. 26.—Ganglio de la habénula.— A, células del foco interno; B, del foco externo; D, fascículo de Meynert.

LAMINA VII

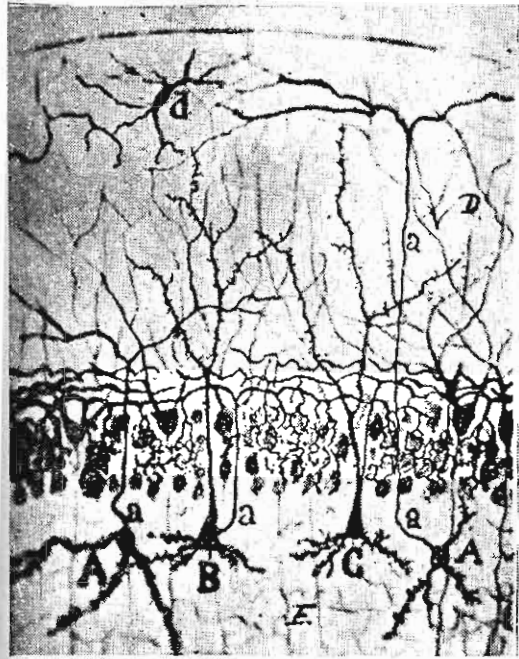


Fig. 23

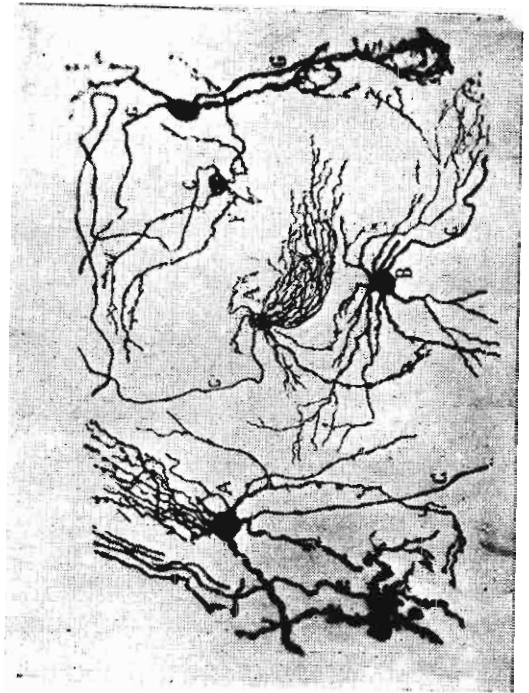


Fig. 24

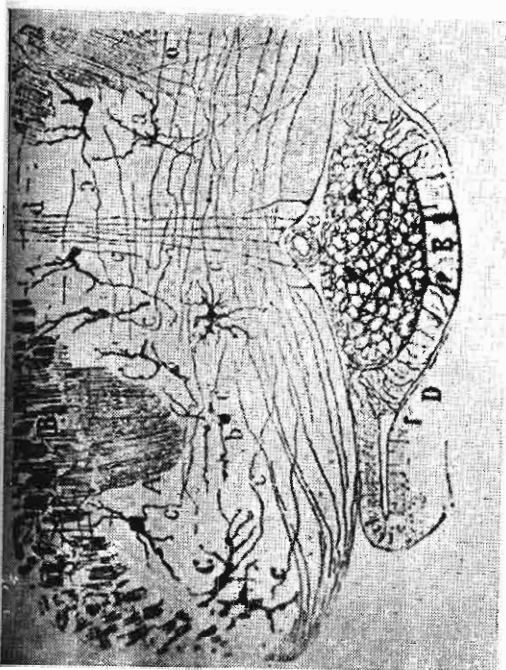


Fig. 25



Fig. 26

LAMINA VIII

Fig. 27.—Tipos de células de axón corto de la corteza cerebral de un niño de pocos meses.— A, célula bipe-nachada; B, elemento enano de axón corto; C, célula de cestas; E, célula piramidal de ramas colaterales arciformes; D, elemento enano de axón terminal en penacho; F, célula de cilindro-eje ascendente dividida en ramas horizontales.

Fig. 28.—Estructura de la zona calcariana humana.— A, capa molecular; B, zona de las pequeñas y medianas pirámides; C, zona de las células estrelladas; D, capa de los granos o de los diminutos elementos asteroformes; E, zona de las pirámides gigantes; F, zona de las pirámides de axón arciforme; G, zona de los corpúsculos polimorfos; a, b, d, arborizaciones finales de las fibras visuales centripetas.

Fig. 29.—Citoarquitectura comparativa de las zonas límites de la cisura de Rolando. —La figura de la derecha, corresponde a la frontal ascendente, posee tipo motor; la de la izquierda, corresponde a la parietal ascendente, posee "estructura y estratigrafía de corteza conmemorativa o asociativa".

Fig. 30.—Células estrelladas gigantes del centro auditivo del cerebro con axón serpenteante dirigido a la sustancia blanca.— a, axón.

LAMINA VIII

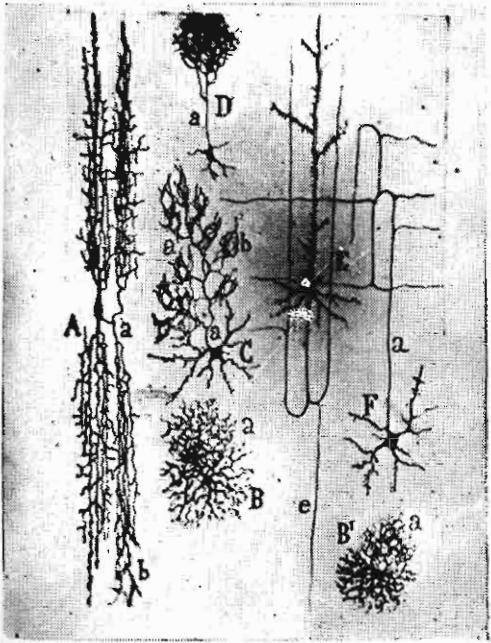


Fig. 27

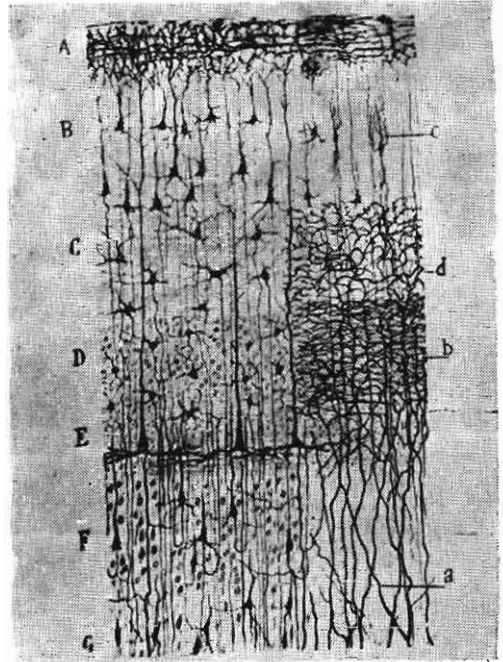


Fig. 28

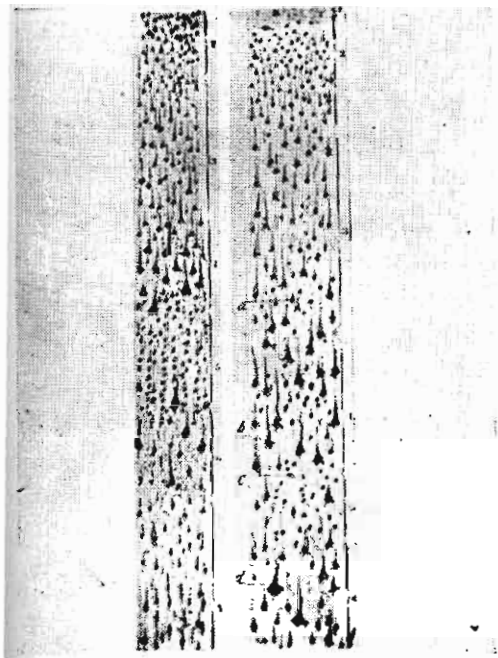


Fig. 29

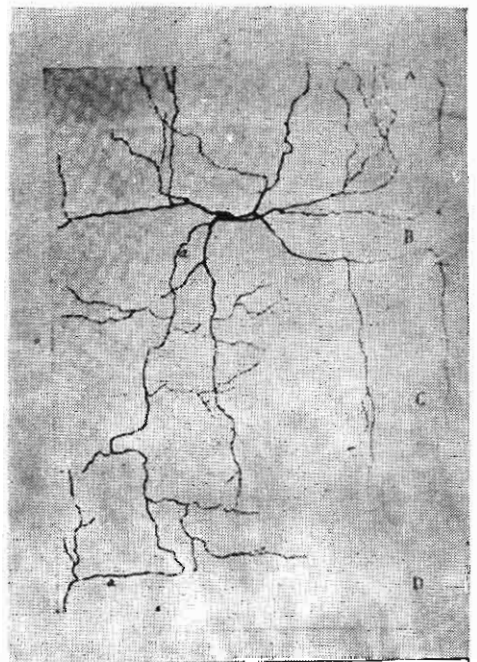


Fig. 30

LAMINA IX

Fig. 31.—Tipos celulares propios de la ínsula de Reil.

Fig. 32.—Células piramidales de la corteza olfativa del hombre en el lóbulo piriforme y en la circunvolución del hipocampo.

Fig. 33.—Islotes de células menudas intercalados por neuronas gigantes de la región principal del hipocampo humano.

Fig. 34.—Arborizaciones del nervio coclear del ganglio acústico del gato.— A, tronco del nervio; B, rama ascendente; C, rama descendente y posterior. Nótese el diverso comportamiento de cada rama.

LAMINA IX

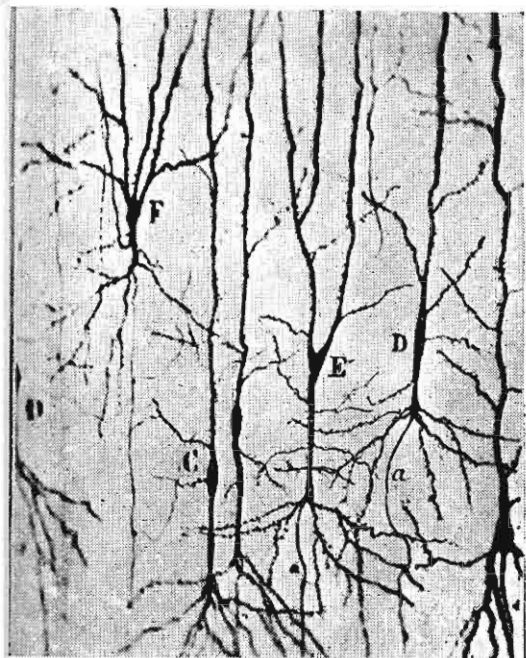


Fig. 31

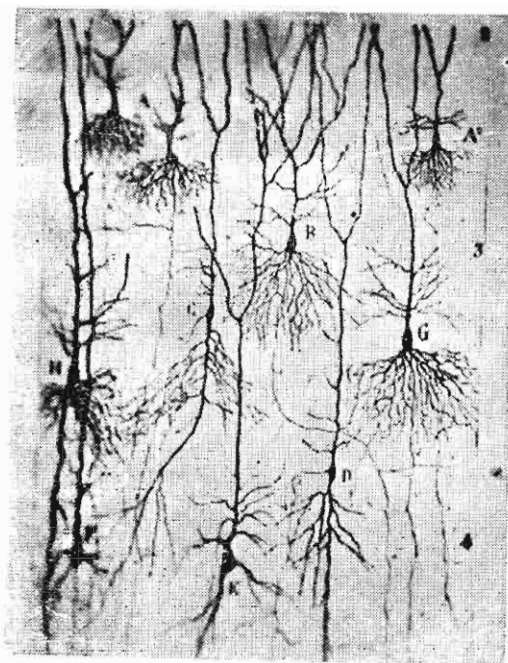


Fig. 32

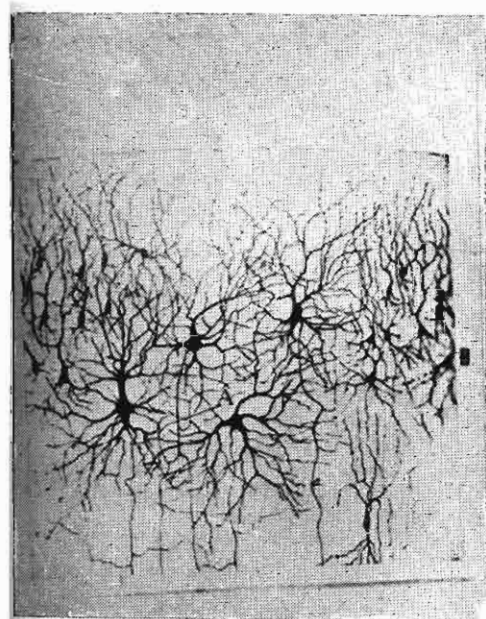


Fig. 33

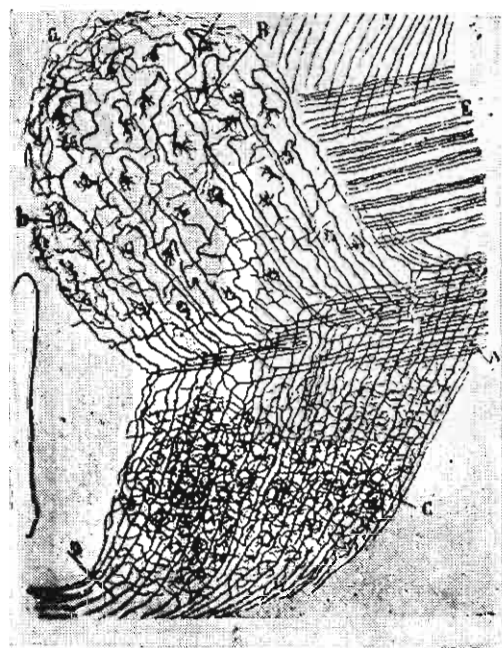


Fig. 34

LAMINA X

- Fig. 35.—*Terminación de la vía sensitiva central del ratón.*— A, foco sensitivo o lateral del tálamo; B, vía sensitiva; E, cuerpo de Luys; G, pedúnculo cerebral; F, fascículo lenticular de FOREL; J, cuerpo de FOREL; a, arborizaciones terminales de las fibras sensitivas.
- Fig. 36.—*Alteraciones neurofibrilares de la médula espinal de los reptiles provocada por la invernación.*— A, neurona motriz de lagarto entorpecida por el frío; B, la misma después de la excitación provocada por el calor.
- Fig. 37.—*Aparato endocelular de GOLGI de las neuronas de la lombriz de tierra.*
- Fig. 38.—*Alteración de las neurofibrillas de las células de la médula espinal de animales rábicos.*

LAMINA X

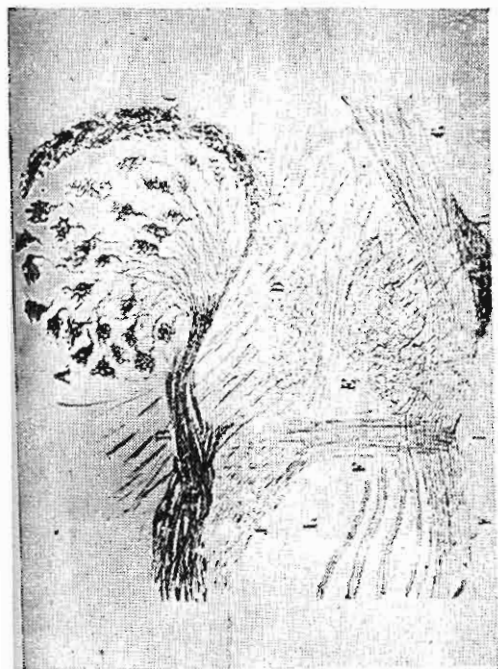


Fig. 35

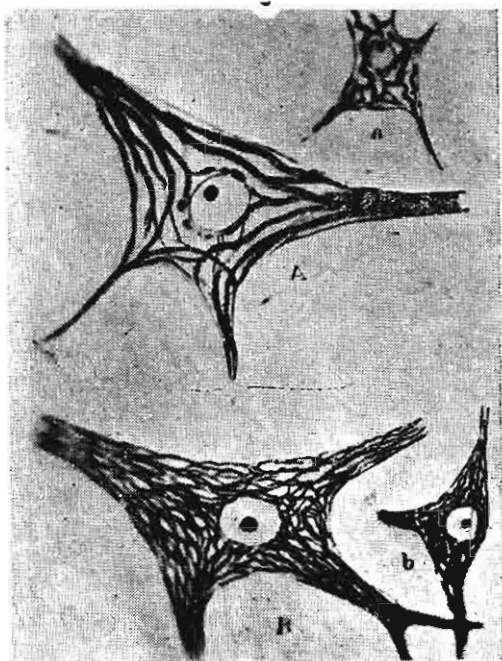


Fig. 36

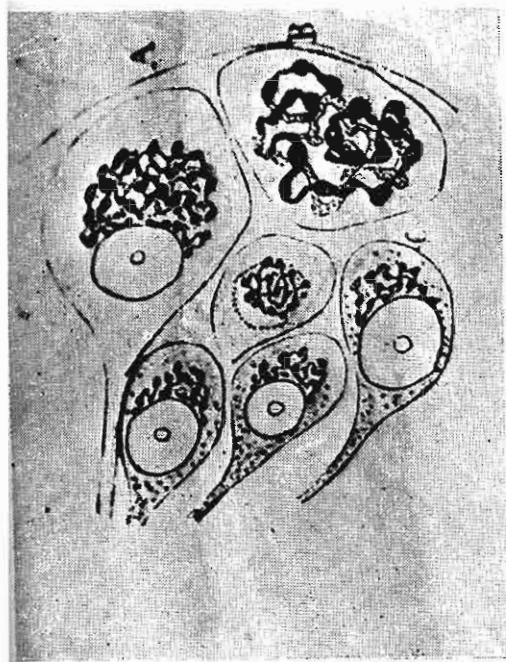


Fig. 37

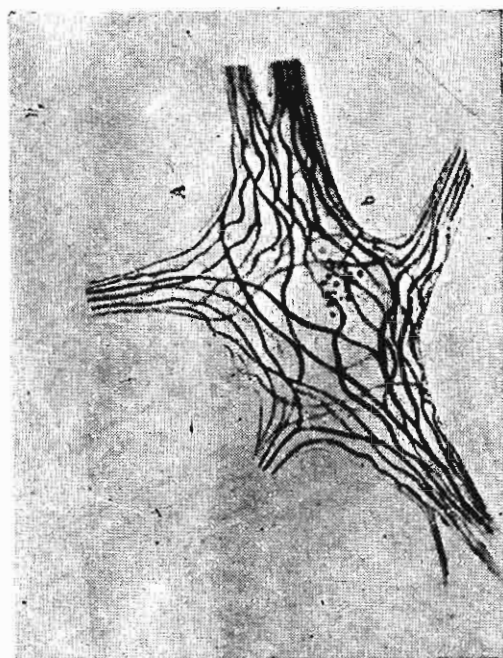


Fig. 38

LAMINA XI

Fig. 39.—Célula sensitiva con expansiones tuberosas y plexo nervioso pericelular.

Fig. 40.—Célula sensitiva cuyas expansiones han atravesado la cápsula terminando en bolas.

Fig. 41.—Células fenestradas del ganglio del vago del perro.

Fig. 42.—Tipo de célula sensitiva desgarrada.— a, axón; b, células satélites; c, apéndices cortos.

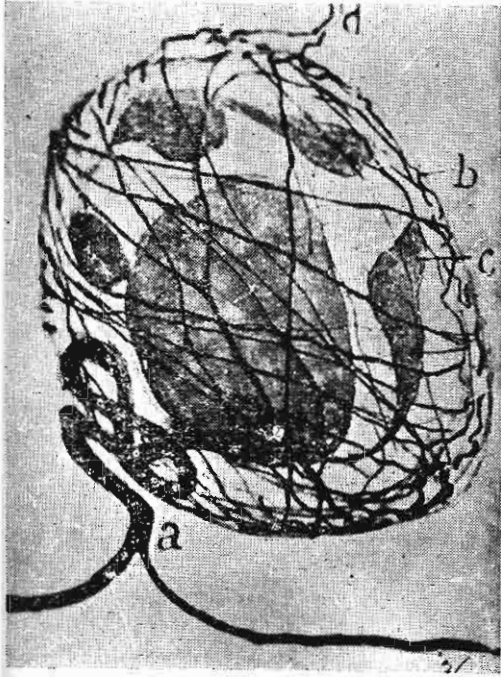


Fig. 39

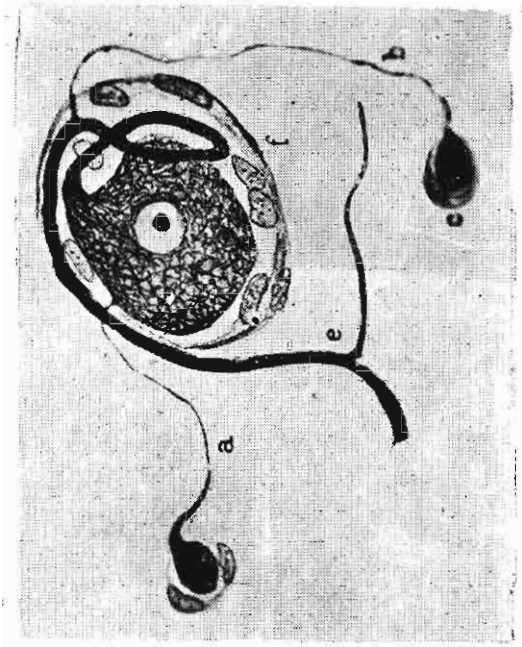


Fig. 40

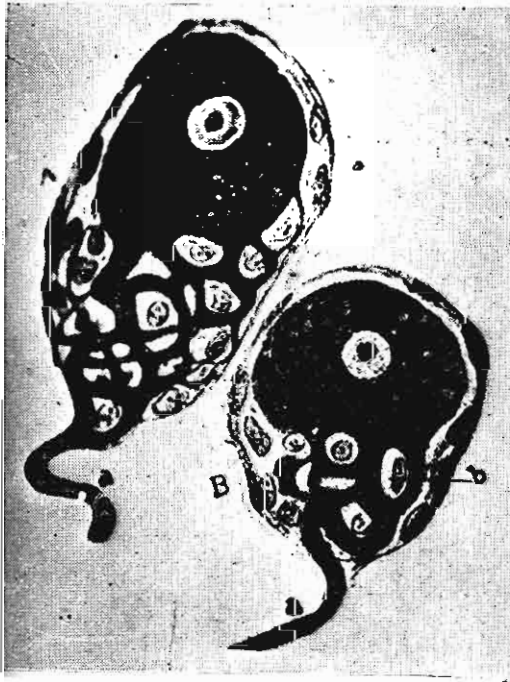


Fig. 41

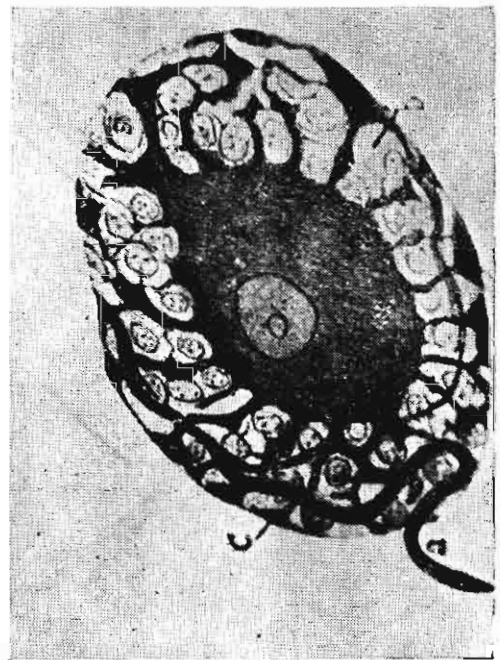


Fig. 42

LAMINA XII

Fig. 43.—Tipo mixto de células del gran simpático del hombre : *a*, axón; *c*, *b*, dendritas cortas.

Fig. 44.—Célula de tipo cometa del gran simpático del hombre.

Fig. 45.—Sección del nervio ciático examinado tres días después de la operación : cabo central y comienzo de la cicatriz intermediaria.— *F*, fibra del cabo central; *a*, rama terminal nacida del axón preexistente.

Fig. 46.—Especiales formaciones en ovillo o espiras de las fibras regeneradas, junto al cabo central, o dentro de éste, por dificultades de proyección de los retoños.

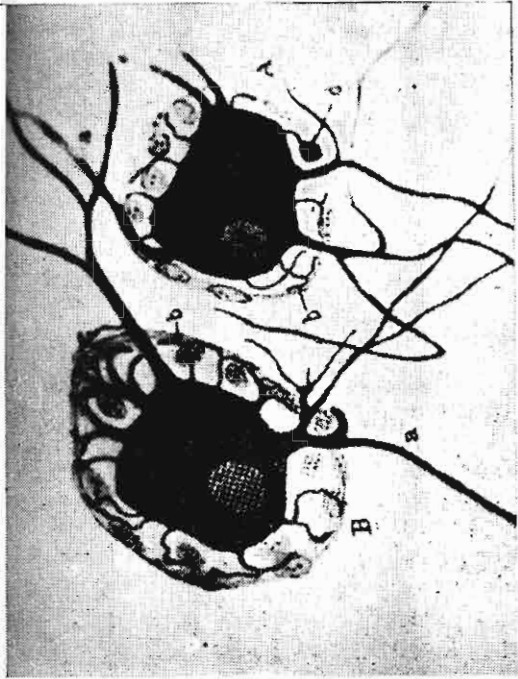


Fig. 43

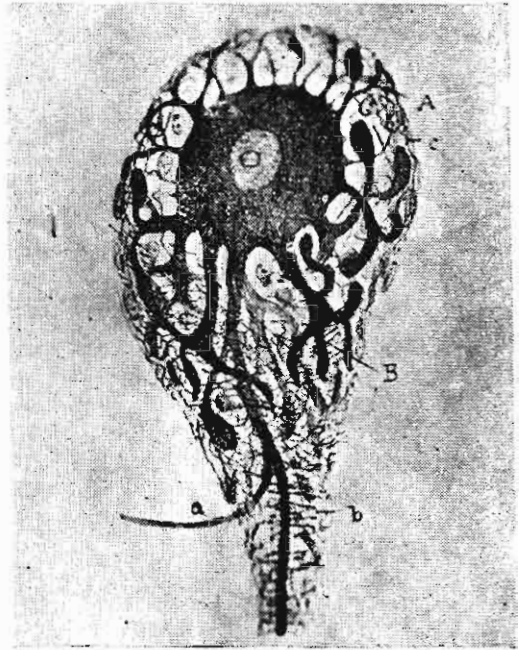


Fig. 44

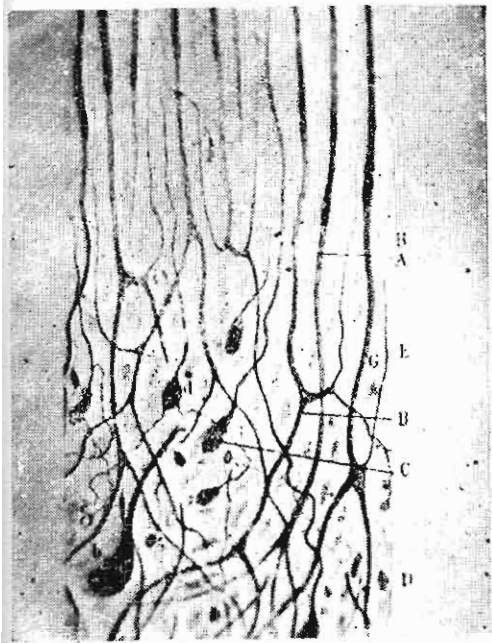


Fig. 45

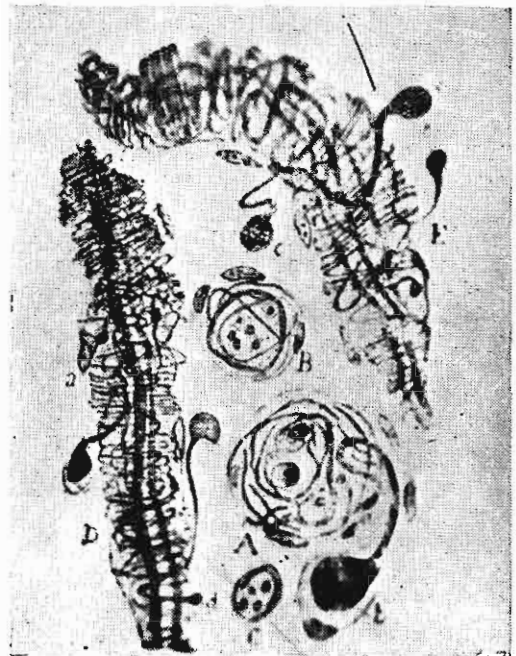


Fig. 46

LAMINA XIII

- Fig. 47.—Cicatriz del cabo periférico del nervio ciático de un gato joven, seccionado setenta y dos días antes. Los retoños llegados a dicho cabo no forman cadenas sino que continúan su curso por dentro o en medio de los estuches del segmento periférico, a cuyo largo crecen rápidamente: a, b, fibras neoformadas que caminan por la cicatriz; e, retoño bifurcado dentro del cabo periférico; c, d, retoños terminales en masitas.
- Fig. 48.—Esquema de la hipótesis de HENSEN sobre el desarrollo de las fibras noviasas, y de los aparatos sensitivos periféricos.— A, neuroblasto en proceso de estiramiento; B, formación catenaria de núcleos unidos por puentes protoplasmáticos; a, célula central; b, célula periférica.
- Fig. 49.—Esquema de la hipótesis catenaria de BARD, DOHRN, etc.— C, disposición catenaria de neuroblastos independientes; D, los trozos de axón nervioso acaban por juntarse entre sí, y con la célula central (a); b, elementos constructores de la ramificación periférica.
- Fig. 50.—Médula espinal primitiva (A) y tejido mesodermico vecino (C) de un embrión de pato de tres días. Puede verse como los conos de crecimiento de los neuroblastos jóvenes caminan siempre entre las células, tanto dentro, como fuera de la médula.— E, F, conos que cruzan libremente el espacio perimedular; D, f, posición libre de los conos de crecimiento en el mesodermo.

LAMINA XIII



Fig. 47

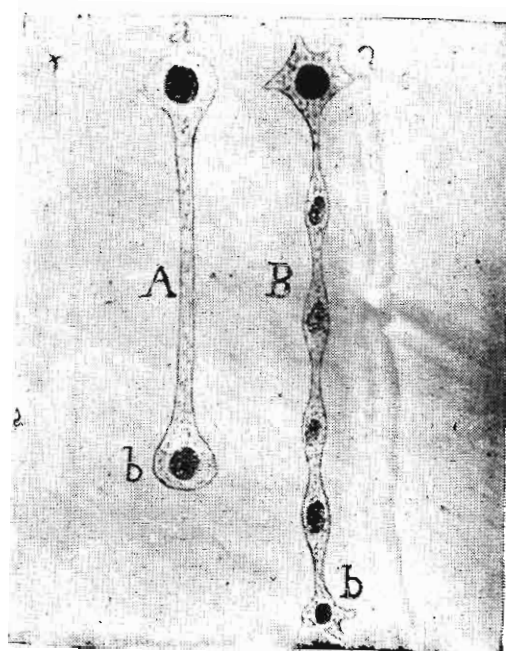


Fig. 48

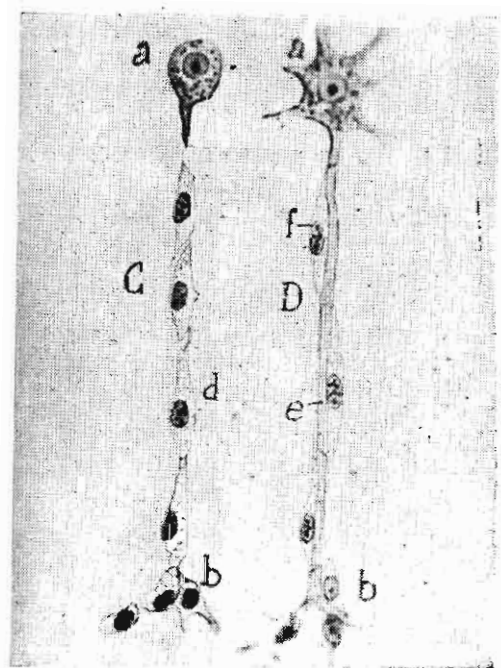


Fig. 49

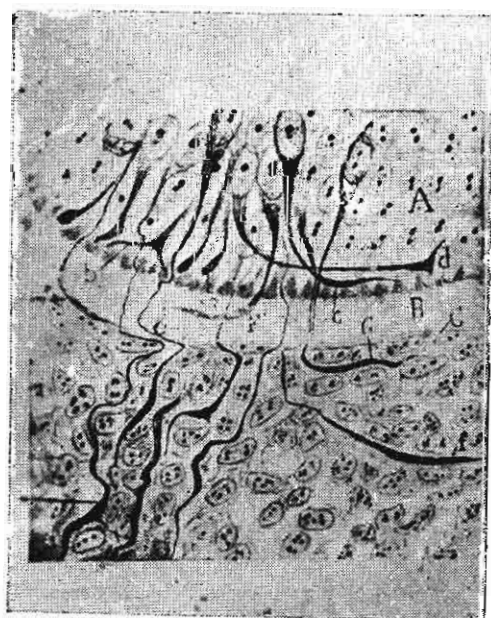


Fig. 50

LAMINA XIV

Fig. 51.—Retina del embrión de pollo de cuatro días. Se vé que la primera forma del neuroblasto es frecuentemente bipolar (C, B).— *a, b*, disposición intercalar de los conos de crecimiento.

Fig. 52.—Corte del bulbo de un embrión de pollo de cuatro días en que se vé que las fibras caídas en el ventrículo (A, E, C) orientan sus axones hacia su destino a través de la trama nerviosa.

Fig. 53.—Redes intraprotoplasmáticas de las neurofibrillas de las células de la cadena ganglionar (A, B).— C, fase especial de destrucción parcial del retículo de la sanguijuela.

Fig. 54.—Células piramidales de la corteza cerebral del hombre.— *a*, cuerpo accesorio; *b*, nucleolo; *c*, grumos hialínicos. Con fijadores especiales las técnicas argentínicas tiñen exclusivamente el cuerpo accesorio.

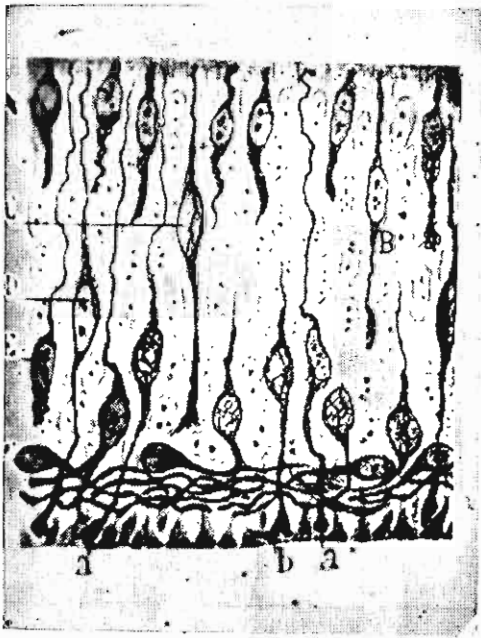


Fig. 51

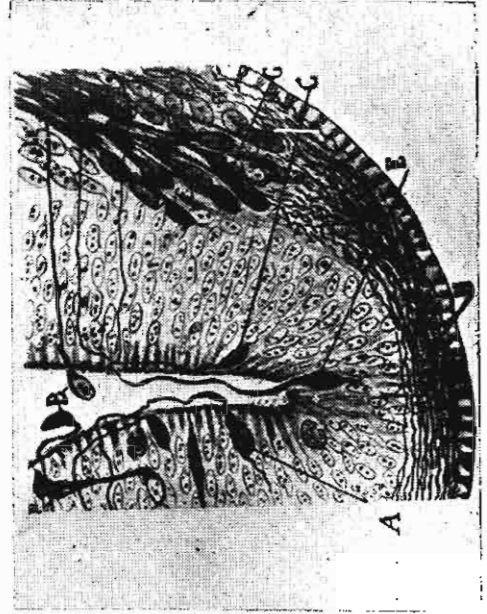


Fig. 52

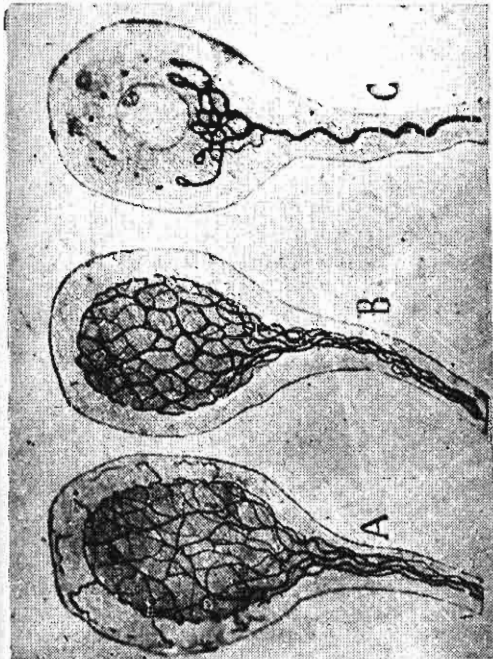


Fig. 53

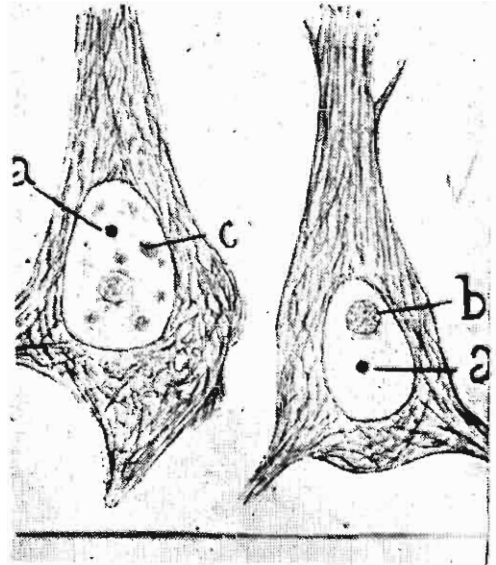


Fig. 54

LAMINA XV

Fig. 55.—Retoños celulares de un ganglio puesto en la estufa durante dos días embebido en líquido cefaloraquídeo.— *a*, axón; *e*, *f*, *g*, botones neoformados.— .

Fig. 56.—Corte longitudinal del cordón antero-lateral de la médula lumbar seccionada, de un gato de pocos días.— *A*, borde de la herida del cordón antero-lateral; *B*, *C*, raíces anteriores degeneradas e invadidas por ramas cordonales neoformadas; *a*, *b*, fibras fasciculares que proporcionan ramas a las raíces motrices.

Fig. 57.—Trozo del cordón posterior de la médula espinal del gato joven, cuyas meninges alteradas por el traumatismo produjeron una cicatriz exuberante: *A*, cicatriz embrionaria; *B*, retoño que penetra en ella; *D*, fibras longitudinales de la substancia blanca en fase de irritación productiva.

Fig. 58.—Herida transversal de la médula espinal.— *A*, cabo superior con fibras retoñantes; *B*, cicatriz invadida por fibras sensitivas de las raíces posteriores.

LAMINA XV

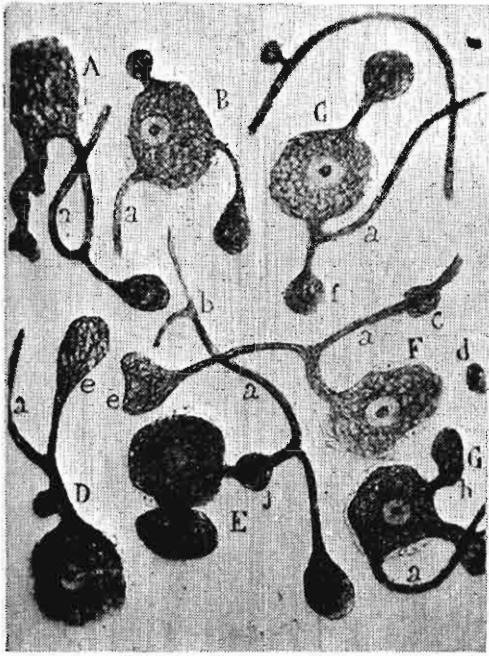


Fig. 55

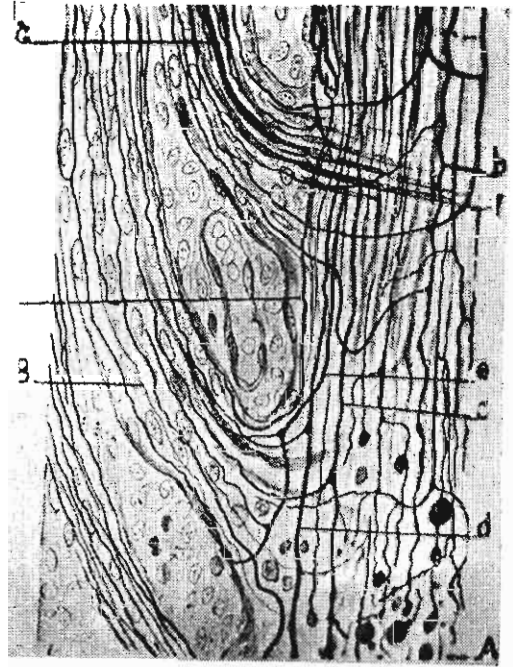


Fig. 56

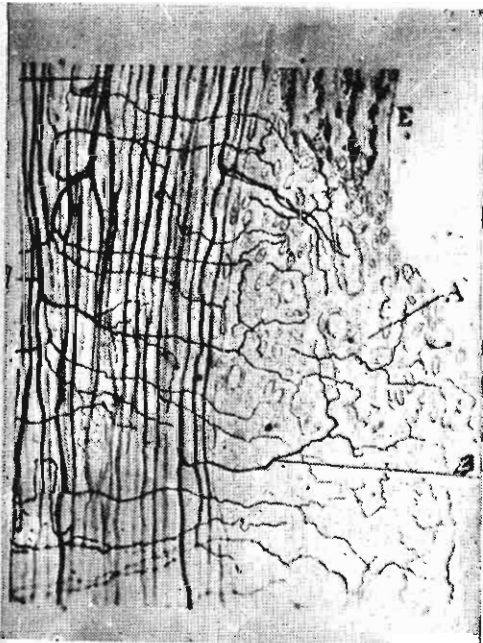


Fig. 57

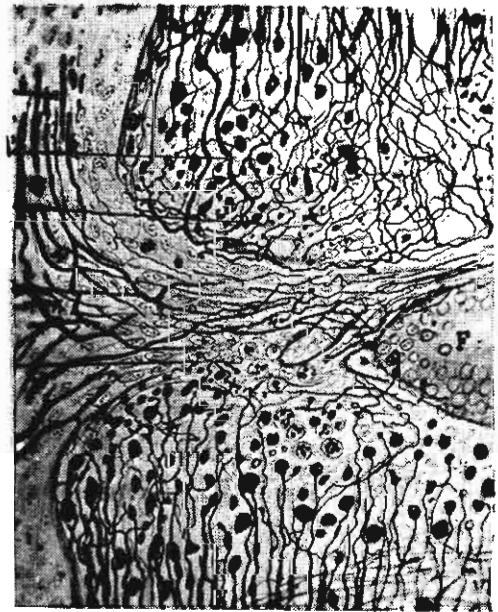


Fig. 58

LAMINA XVI

- Fig. 59.—Cabo central de la herida medular del gato joven, tres días después de la operación.— A, colaterales engrosadas que se transforman en terminales; a, b, c, axones destinados a desaparecer; B, masas de retracción.
- Fig. 60.—Axones de las células de Purkinje del cerebelo del gato de veinte días, dos días después del traumatismo.— A, axón normal; B, axón con varicosidad; C, D, E, axones de tipo arciforme.
- Fig. 61.—Zona motora del cerebro de un gato de veinticuatro días sacrificado veinticuatro horas después de la operación.— A, D, pirámides medianas con colaterales arciformes hipertróficas y cabo axónico fino y atrófico (a, b); C, F, G, células piramidales de colaterales arciformes cuyo axón periférico ha desaparecido; B, célula piramidal cuyo axón se resuelve en dos arcos recurrentes; H, herida.—
- Fig. 62.—Retoños de las varicosidades del cabo central de las células piramidales del cerebro de perro.

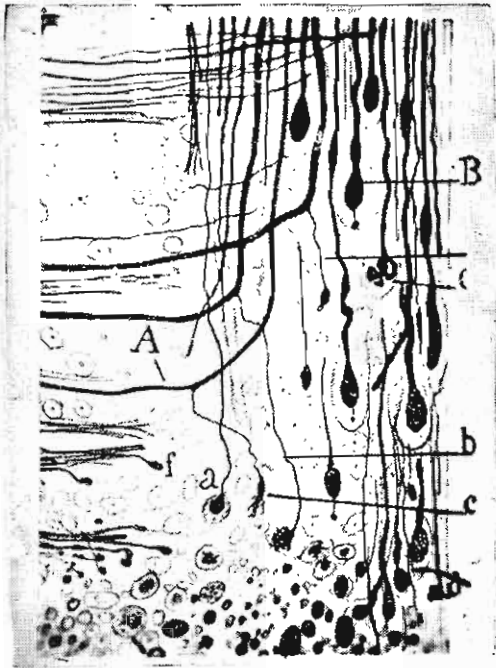


Fig. 59

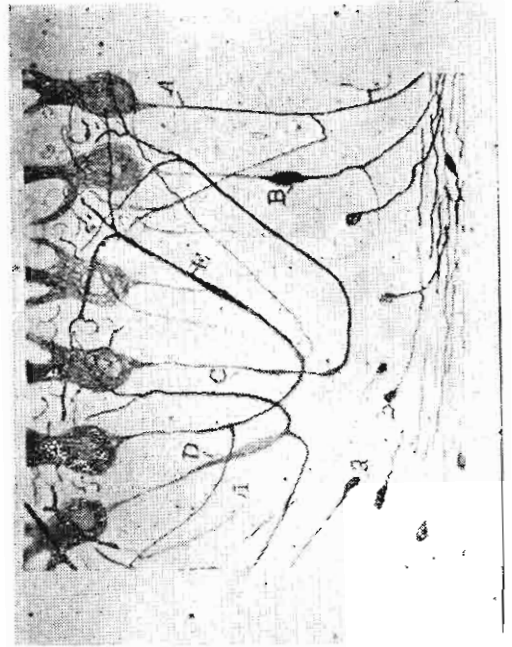


Fig. 60

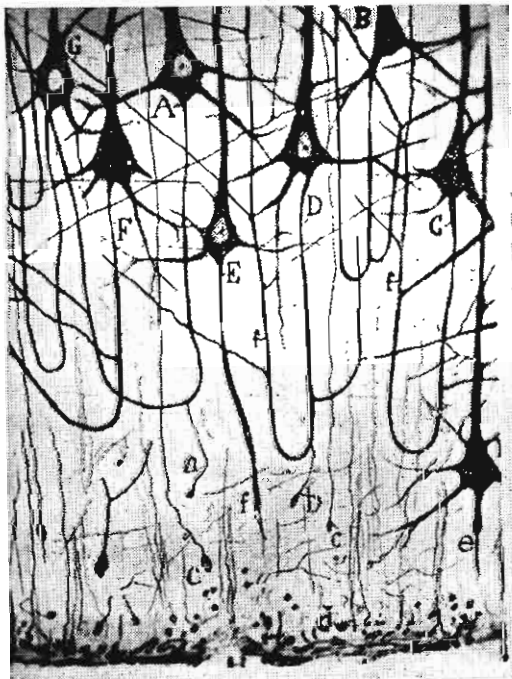


Fig. 61

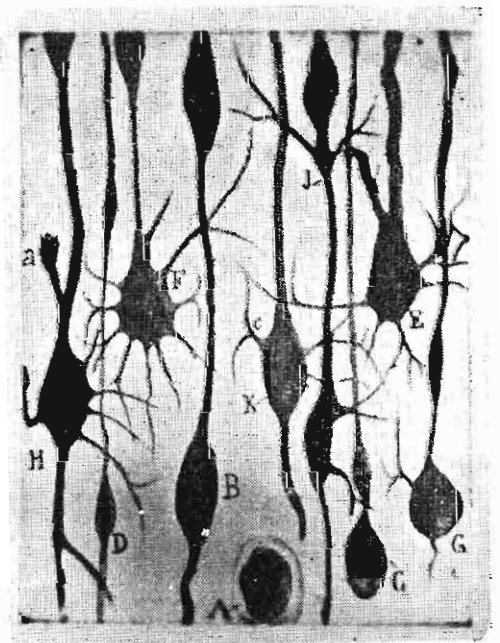


Fig. 62

LAMINA XVII

Fig. 63.—Segmentos necrosados (b) de los axones del cabo central del cerebro del perro en los que penetran ramilletes de neurofibrillas retoñantes (a).

Fig. 64.—Células de Purkinje exitadas por el traumatismo, de un gato de pocos días, de cuyo soma surgen brotes descendentes (α).

Fig. 65.—Células piramidales de perro. Cerca de la herida los axones interrumpidos presentan formaciones rosariformes (B, C); D, bolas sueltas cerca de la herida.

Fig. 66.—Bolas de retracción de los axones de las células de Purkinje del cerebelo de conejo adulto, ocho días después de la lesión.

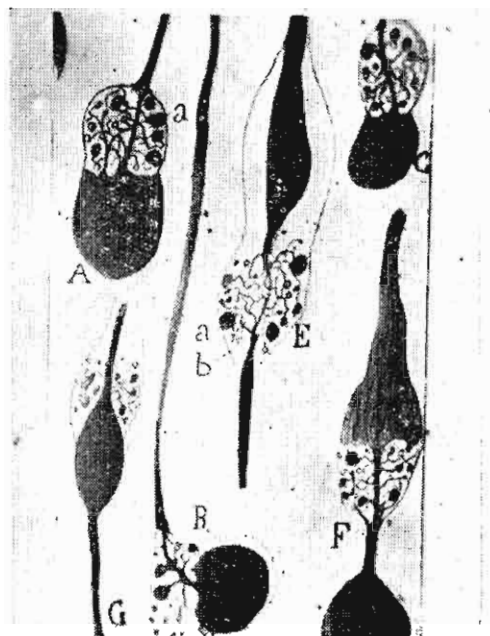


Fig. 63

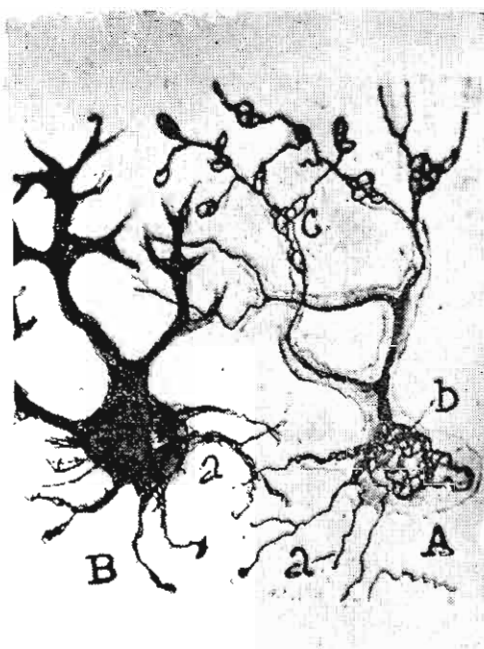


Fig. 64

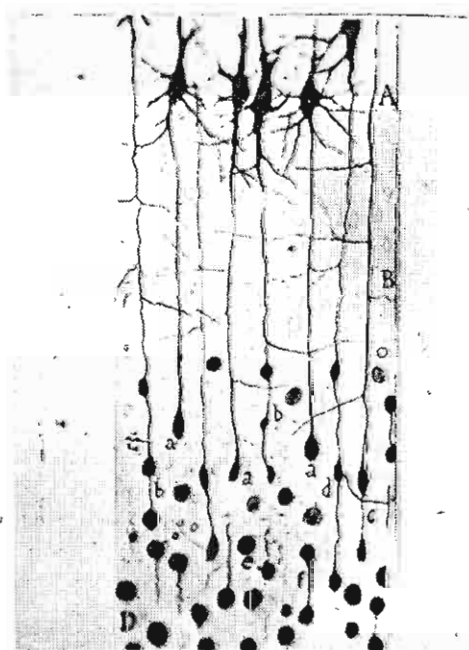


Fig. 65

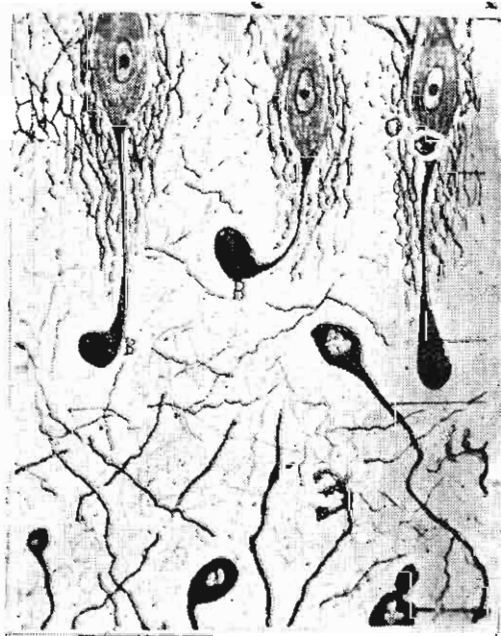


Fig. 66

LAMINA XVIII

Fig. 67.—Metamorfosis neurofibrilar de las mazas terminales de los axones cerebrales cortados (A, B, C), y en bolas sueltas (G, F, E).

Fig. 68.—Células de Purkinje del cerebelo traumatizado. En B y C presencia de una zona cortical mortificada con persistencia de las neurofibrillas perinucleares.

Fig. 69.—Metamorfosis neurofibrilar de las células piramidales cerebrales próximas a una herida contusa.— A, neurofibrillas perinucleares vivaces; B, C, D, formación de asas y anillos; J, hipertrofia neurofibrillar; G, estado fusiforme.

Fig. 70.—Borde próximo de la herida cerebral de un gato de un mes sacrificado veintiun horas después de la operación.— A, zona de reacción; B, zona de corrosión; C, zona de las fibras conservadas; D, exudado de la herida; a, masas de retracción; b, punta de corrosión de una fibra conservada y unida a un axón sano.

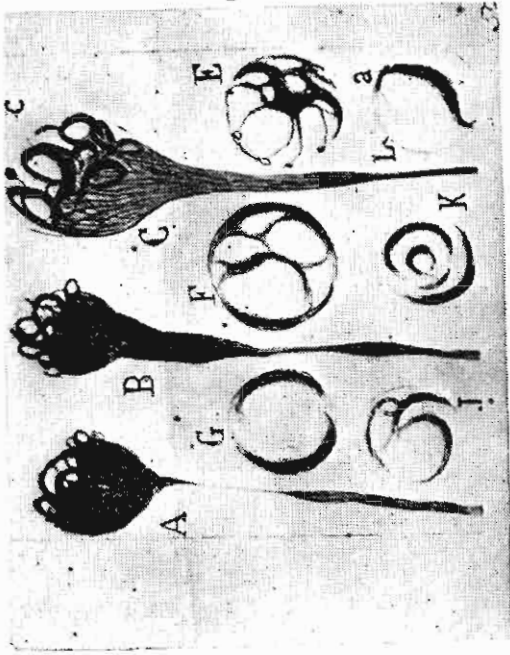


Fig. 67

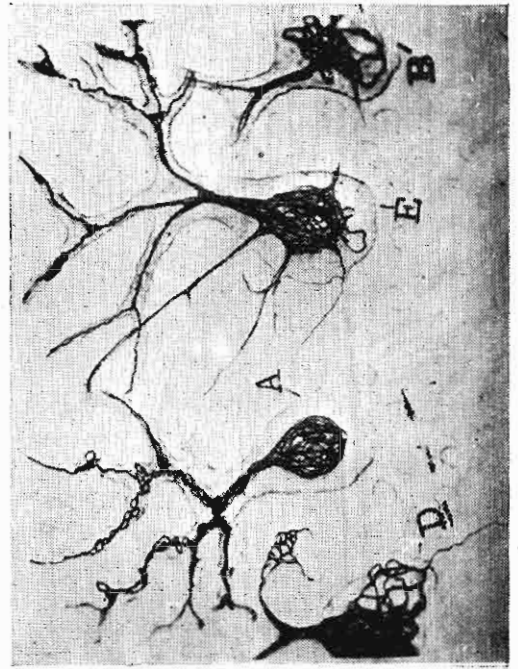


Fig. 68

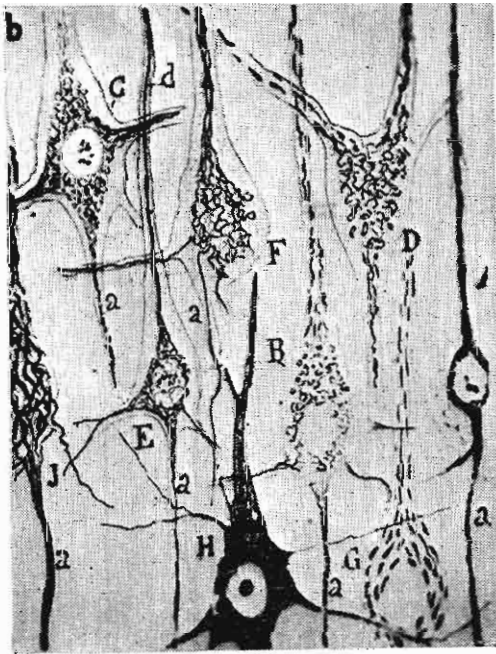


Fig. 69

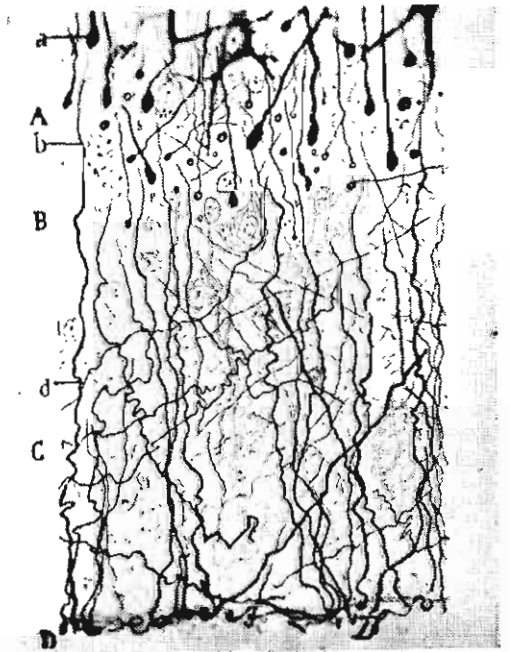


Fig. 70

LAMINA XIX

Fig. 71.—Trozo de ganglio transplantado.—A, nervio de nueva formación que cruza la cápsula ganglionar (B) e invade el tejido conectivo del huésped; C, E, ramas neoformadas; G, H, neuronas muertas; apéndices dirigidos al interior del ganglio.

Fig. 72.—Injerto muerto de nervio (B) que no atrae los retoños (C) del cabo central.

Fig. 73.—Injerto de trozo nervioso en la herida del ciático. Los retoños del cabo central son atraídos por los dos extremos del injerto (B).— A, cabo central; C, cabo periférico; b, fibras que después de recorrer el injerto penetran en el cabo degenerado.

Fig. 74.—Cabo periférico de un nervio cortado, en el que no lejos de la herida se hizo una ligadura para impedir el paso de los retoños invasores.— A, cicatriz nerviosa; B, ligaduras; a, c, retoños en el cabo periférico degenerado; C, porción debajo de la ligadura : axones agónicos (d).

LAMINA XIX



Fig. 71

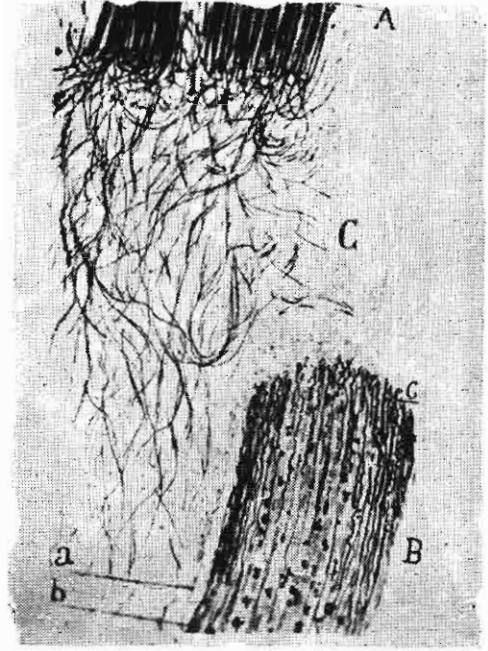


Fig. 72

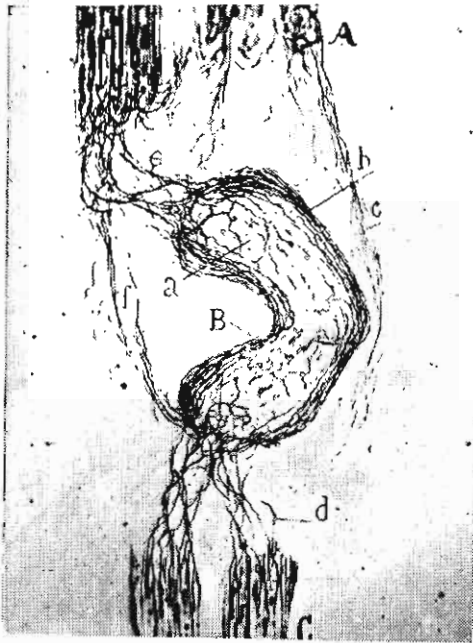


Fig. 73

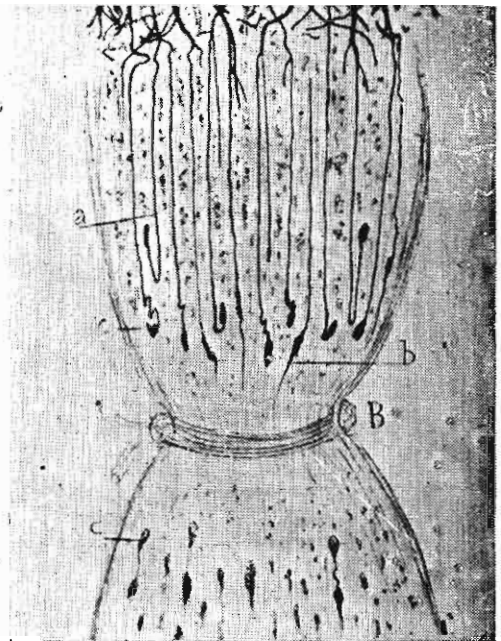


Fig. 74

LAMINA XX

- Fig. 75.—A, B, C, aparato reticular de GOLGI de los tubos nerviosos del conejo joven; a, cisura de LAUTERMANN; b, trabéculas de retículo: método de tinción del urano — plata.
- Fig. 76.—Fases del desarrollo del aparato reticular de GOLGI en los neuroblastos del embrión de pollo.— B, terminación de la fase germinal; C, neuroblasto en fase de bipolaridad; D, fase de neuroblasto fusiforme; E, F, crecimiento del aparato de GOLGI al constituirse las dendritas.
- Fig. 77.—Glándula submaxilar de un conejo de pocos días envenenado por la pilocarpina.— A, B, células con aparato de GOLGI esponjoso y granuloso; C, células cuyos retículos parecen terminar en granos (α); D, vesículas en que se han teñido solamente los granos de secreción.
- Fig. 78.—Variedades morfológicas y cuantitativas del retículo de GOLGI de las células motrices de la médula espinal, dependientes según CAJAL, de diferentes estados fisiológicos.

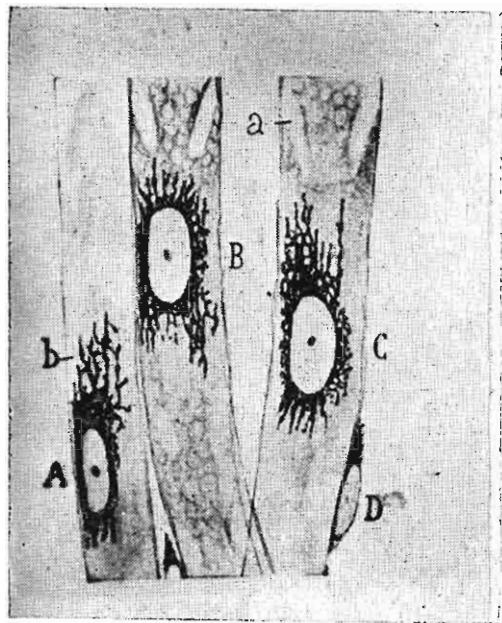


Fig. 75

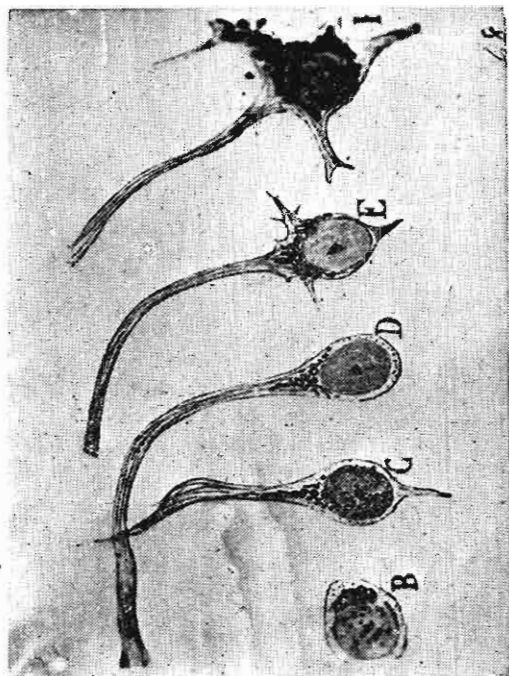


Fig. 76

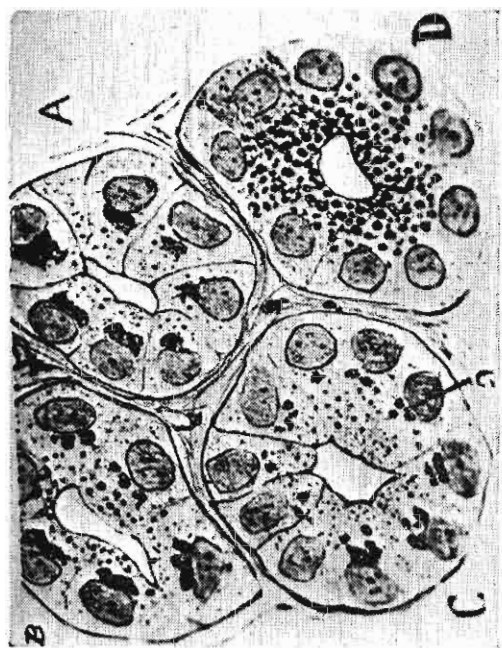


Fig. 77

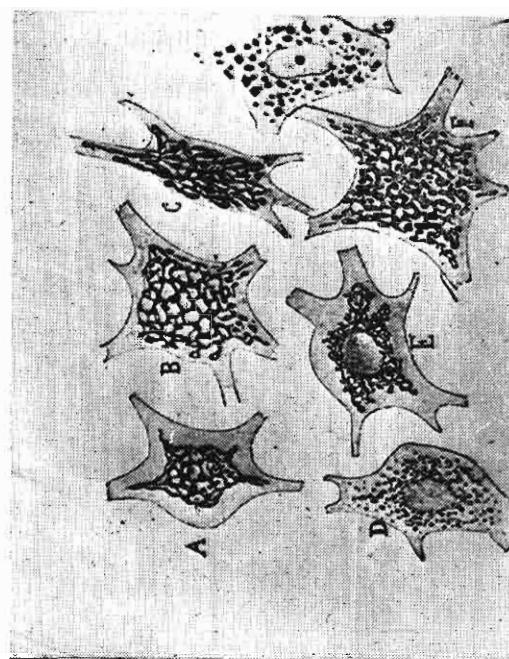


Fig. 78

LAMINA XXI

- Fig. 79.—Degeneración del aparato reticular de GOLGI de las células de SCHWANN del cabo periférico de un nervio cortado.— E, D, retículos atrofiados y pulverizados.
- Fig. 80.—Neuroglía del cerebro del perro: método del formol-urano. A, aspecto de los corpúsculos teñidos por el cromato de plata; B, pareja neuróglia cuyas expansiones exhiben los glisomas.
- Fig. 81.—Neuroglía de la sustancia blanca del cerebro humano adulto. Método áurico.— A, células con aparato fibrilar; B, C, aspecto de otras en que la tinción en masa del protoplasma no permite apreciar las fibras; a, b, d, pies perivasculares.
- Fig. 82.—Neuroglías setélites de las grandes células piramidales de la corteza cerebral del gato.— A, B, astrocitos laterales; D, astrocito basal; a, b, corpúsculos basales adendríticos.

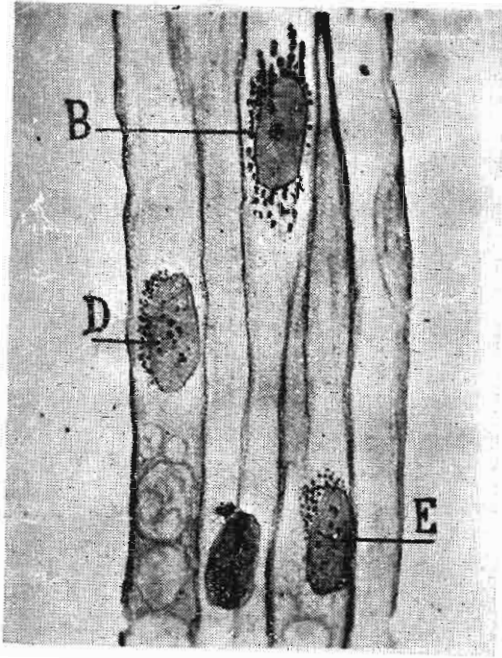


Fig. 79

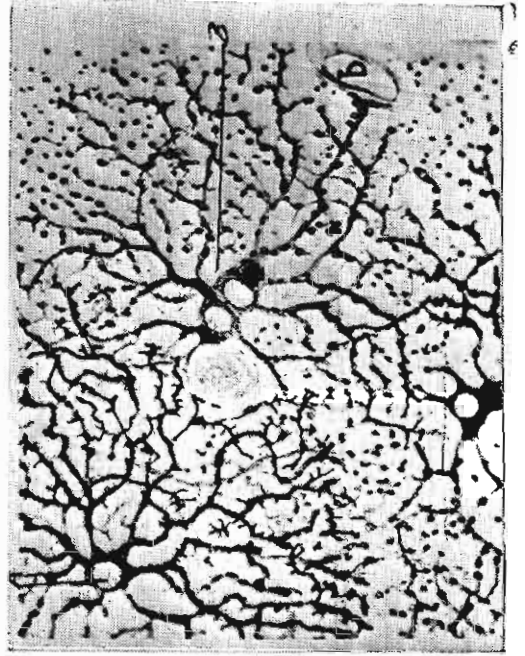


Fig. 80

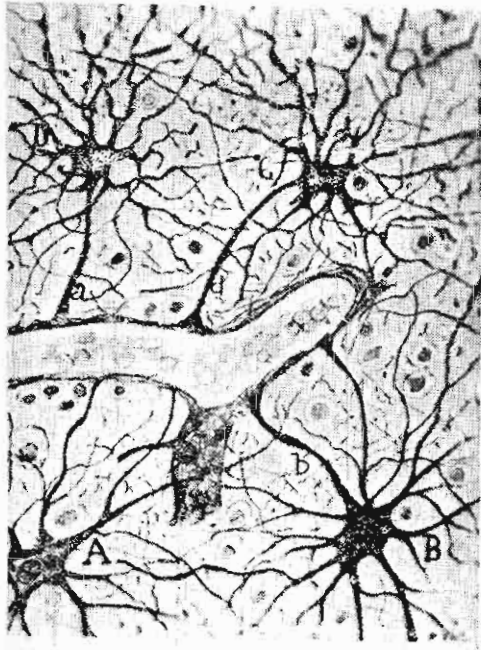


Fig. 81

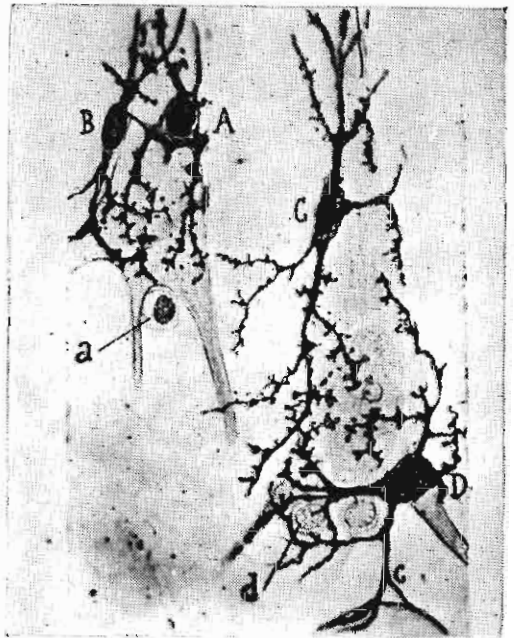


Fig. 82

LAMINA XXII

Fig. 83.—Células adendríticas de la substancia gris del cerebro del perro.— *A*, astrocito ordinario; *a, b, c, d*, células adendríticas.

Fig. 84.—Substancia gris próxima al rate posterior y cordón sensitivo del gato de diez días. *A, B*, células dislocadas en fase de división; *C, a*, colaterales del apéndice radial dirigidos a un capilar; *F*, rate; *G*, Células epiteliales exentas de aparato chupador.

Fig. 85.—Pared epitelial del epéndimo del gato de mes y medio.— *A*, célula de múltiples flajelos con retículo tupido perinuclear; *D*, otra con retículo flojo; *b*, célula endimial provista de un solo flajelo; *c*, fibra radial nacida del retículo; *a*, flajelos en el líquido céfalo raquídeo; *b*, pincel de flajelos de un corpúsculo pluriflajelado; *e*, cordón fibrilar radial de un corpúsculo de esta especie.

Fig. 86.—Segundo tipo de células endimiales de la médula espinal del gato. Obsérvese que están desprovistas de retículo perinuclear y que poseen un haz lateral de gliofibrillas.

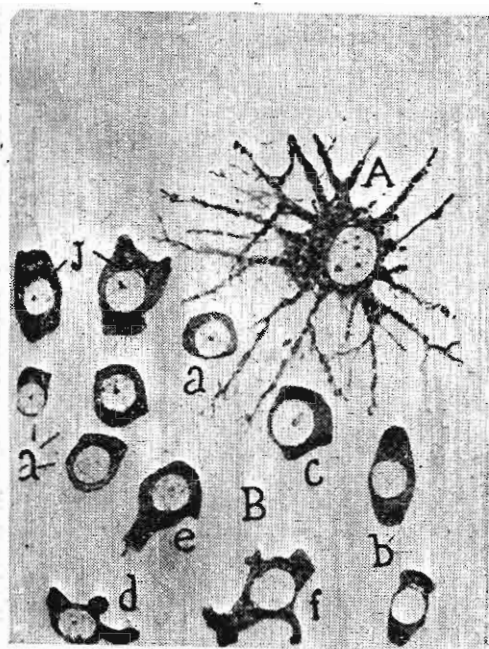


Fig. 83

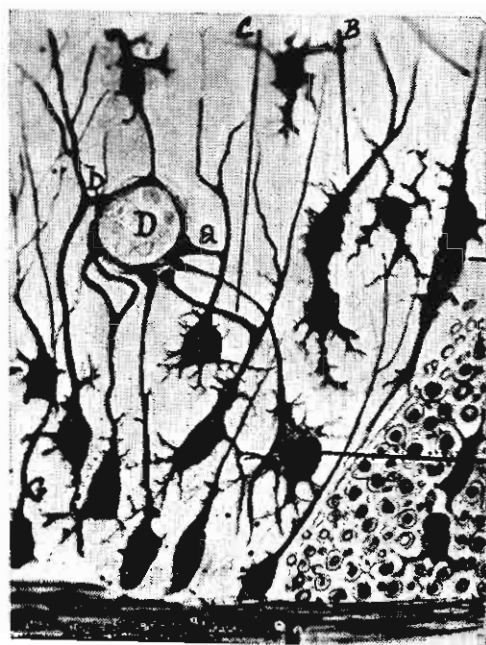


Fig. 84

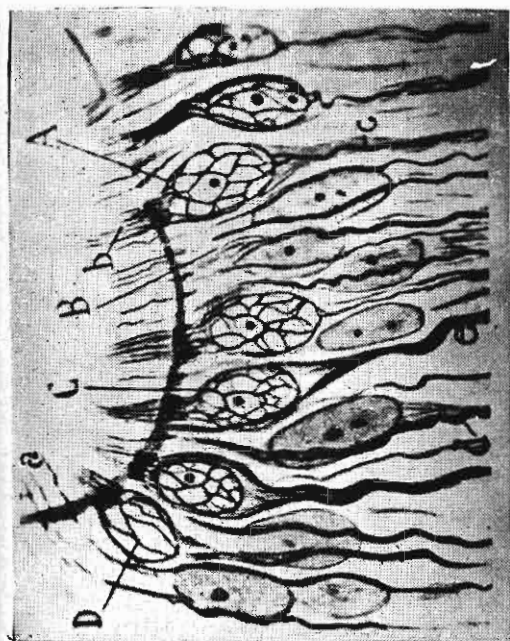


Fig. 85

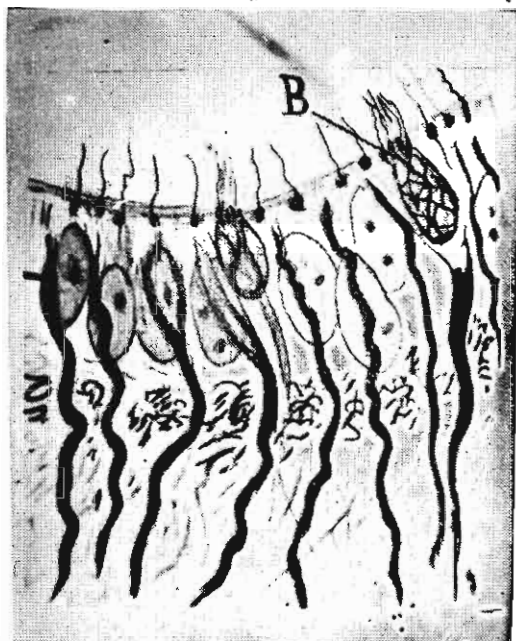


Fig. 86

LAMINA XXIII.

Fig. 87.—Conducto coclear de un feto de ratón de un centímetro.— *A*, conducto coclear; *C*, epitelio de que se formará el órgano de Corti; *B*, ganglio espinal; *D*, fibras que penetran en el epitelio.; *E*, lagunas conectivas de que se formará la escala timpánica.—

Fig. 88.—Epitelio del órgano de Corti del feto de un ratón de término.— *A*, reborde interno *B*, reborde externo; *D*, escala timpánica; *a*, célula ciliada interna; *b*, célula ciliada externa; *c*, vaso espiral.

Fig. 89.—Germen del pelo táctil y de su aparato nervioso en el embrión de gato de 28 milímetros.— *A*, germen epitelial salido del ectodermo; *C*, plexo nervioso expectante; *B*, cordón nervioso aferente; *D*, otro del que emana un haz hacia la piel.

Fig. 90.—Microglía de la substancia gris de la médula espinal. *a*, *b*, *c*, *d*, microglía; *B*, célula neuróglia común; *C*, célula nerviosa.

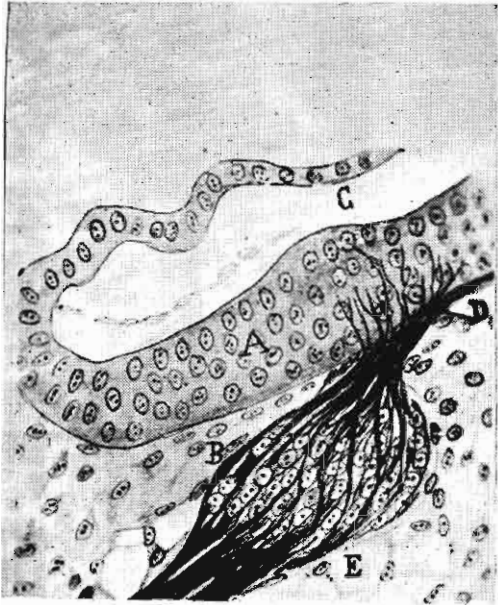


Fig. 87

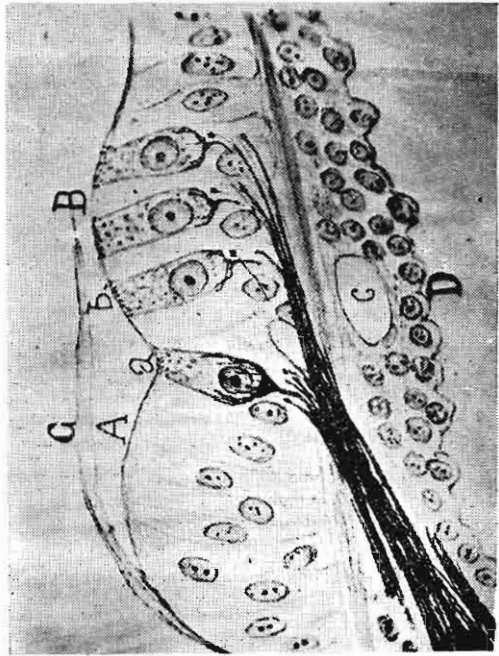


Fig. 88

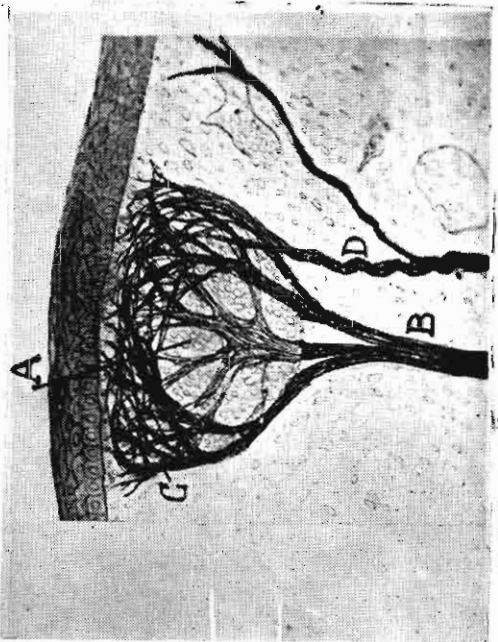


Fig. 89



Fig. 90

LAMINA XXIV

Fig. 91.—Variedad de neuroglia en la corteza cerebral humana.— A, satélites enanos globulosos; a, s, tipos enanos asteroidales incoloreables por la plata; E, microglia bacilar; G, D, microglia satélite; F, H, variedades microgliales triangulares; n, microglia perivascular.

Fig. 92.—Corteza visual del gato. A la izquierda el corte teñido por el procedimiento de Nissl; a la derecha por el proceder de Golgi.— A, zona plexiforme; B, zona de los pequeños pirámides; C, zona de los grandes pirámides superficiales; D, E, capas de los granos; F, capa de los grandes piramidales solitarias, G, Zona de los grandes corpúsculos polimorfos; H, zona de los elementos fusiformes; I, substancia blanca.

Fig. 93.—Detalle de la capa de los granos (capa D, de la figura anterior). Los axones en su mayoría se dirigen a la substancia blanca.

Fig.— 94.—Detalle de las zonas E, F, G, de la figura 92.— A, pirámides solitarias; G, F, B, D, células de axón arciiforme; a, axones.

LAMINA XXIV



Fig. 91

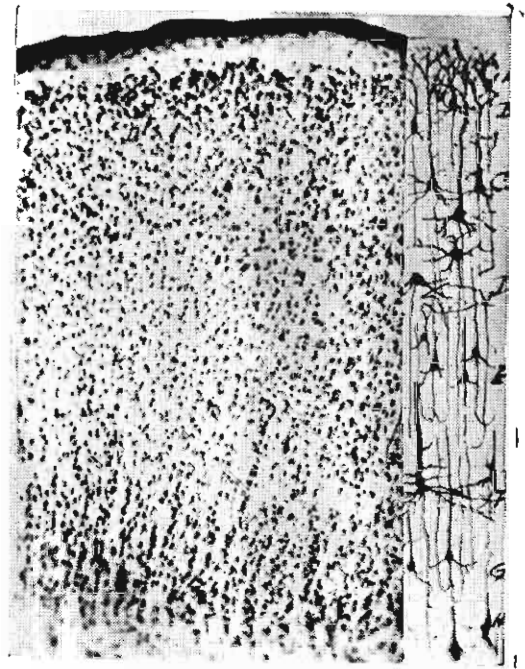


Fig. 92

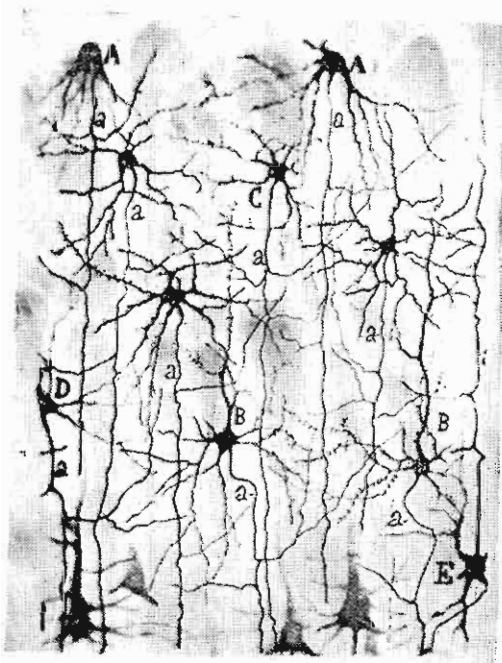


Fig. 93

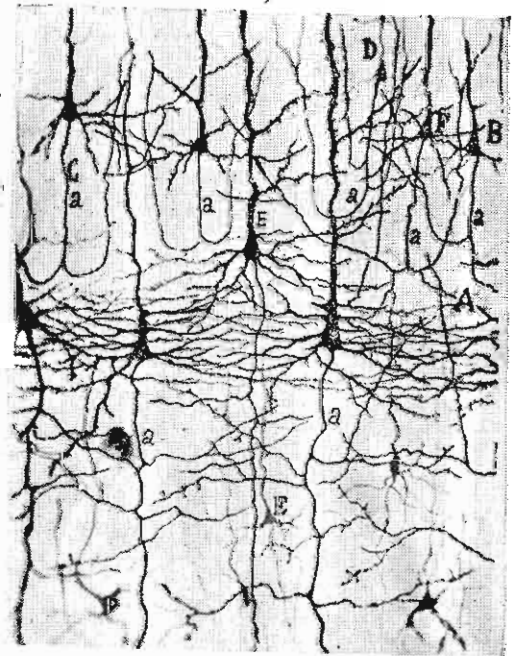


Fig. 94

LÁMINA XXV

- Fig. 95.—*Detalles de las capas I, II, III, IV, de la corteza retrosplenial del conejo.— E, células fusiformes cuyo axón emana de la dendrita descendente.*
- Fig. 96.—*Células horizontales de la retina del ratón recién nacido.— α , α_2 , α_3 , tipos bipolares; c, b, tipos de grueso tallo dendrítico ascendente.*
- Fig. 97.—*Retina de ratón de seis días.— α , b, c, células horizontales embrionales; n, axones con arcos de rectificación; e, células amacrinas; f, amacrinas con expansiones ascendentes; C, zona plexiforme externa.*
- Fig. 98.—*Retina del ratón recién nacido. Proximidad a la ora serrata.— A, células pigmentarias; B, amacrinas; C, capa plexiforme interna; D, células ganglionares; E, fibras del nervio óptico; ñ, neuronas horizontales dislocadas o en tránsito emigratorio; g, h, i, amacrinas bipolares; m, n, axones extraviados de la capa de fibras ópticas; p, una que parece incorporarse a su detino.*

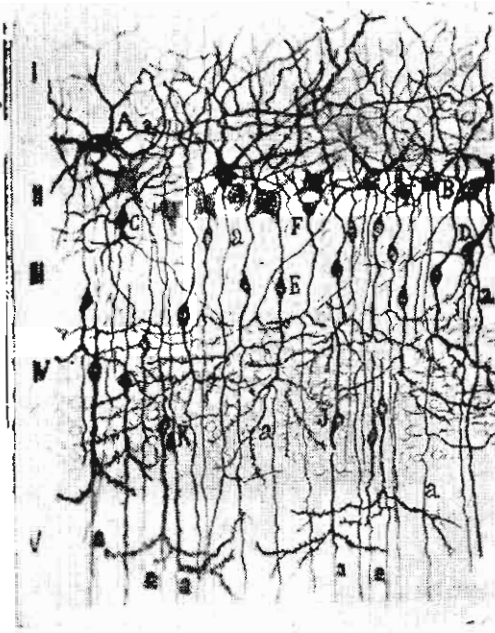


Fig. 95

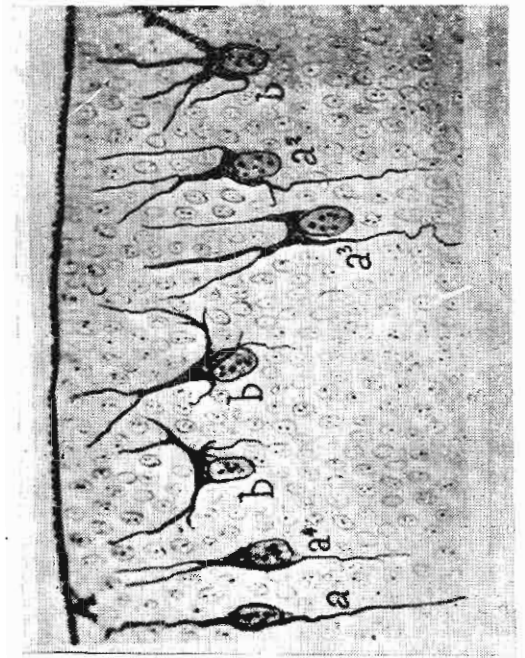


Fig. 96

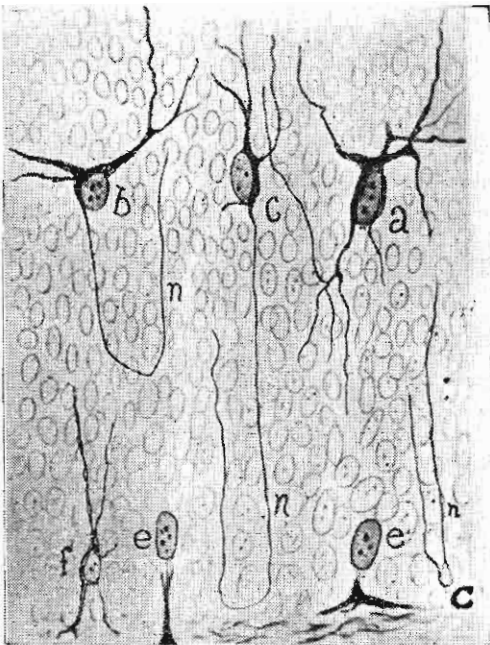


Fig. 97

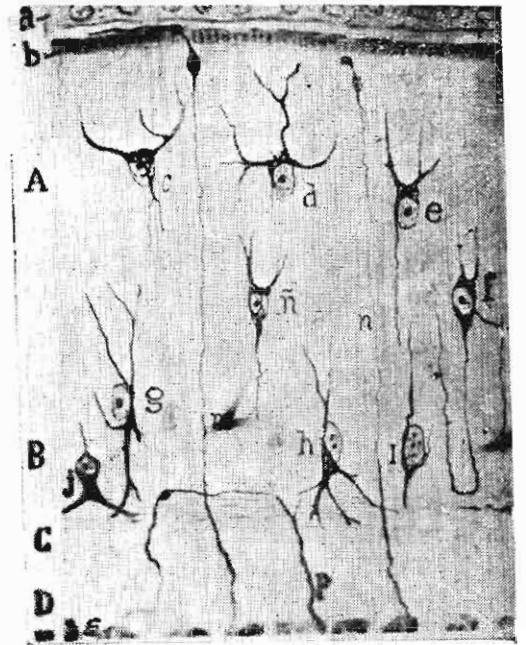


Fig. 98

LAMINA XXVI

Fig. 99.—Retina de ratón de doce días.— Las células horizontales comienzan a orientarse formando un plano por debajo de los granos externos; a, y b, axones extraviados de algunas.

Fig. 100.—Tipos morfológicos de la retina de los insectos con la marcha de la corriente.— m, mango; A, D, neuronas con una sola arborización; C, neurona de expansión bifurcada; B¹ y B², neuronas con dos arborizaciones, una superior o axípeta, y otra terminal.

Fig. 101.—La figura muestra cómo las células de los ganglios, primitivamente bipolares, se vuelven monopolares, con desplazamiento periférico de los cuerpos protoplasmáticos.

Fig. 102.—Conexión por contacto del nervio vestibular con las células gigantes del núcleo tangencial del bulbo de las aves.— A, D, F, placas o pedículos terminales del foco vestibular; a, axones.

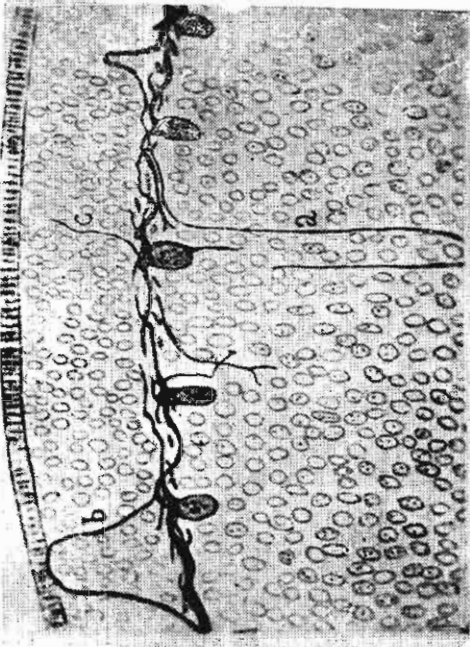


Fig. 99

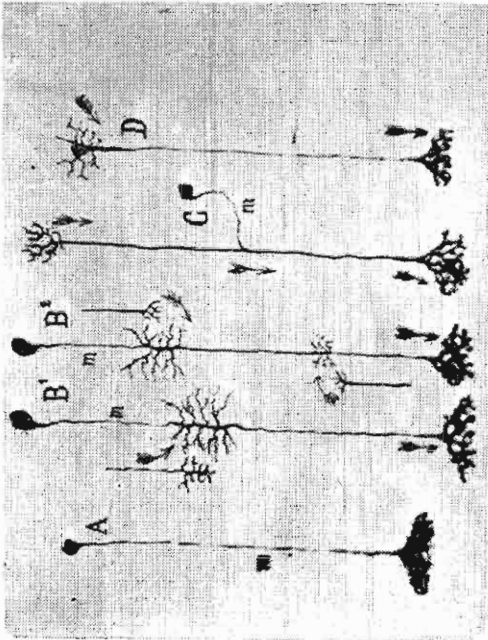


Fig. 100

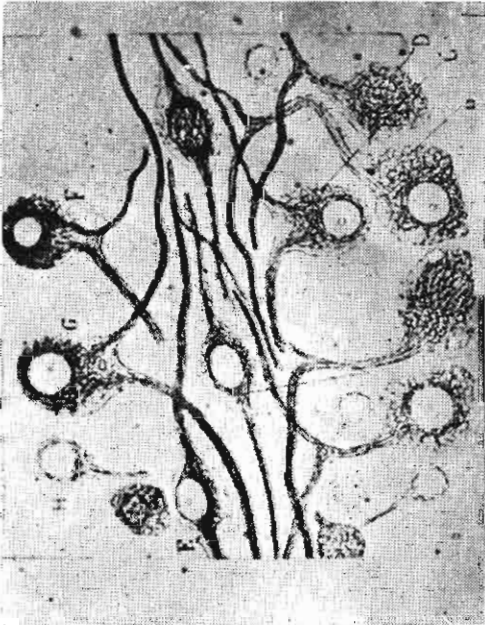


Fig. 101

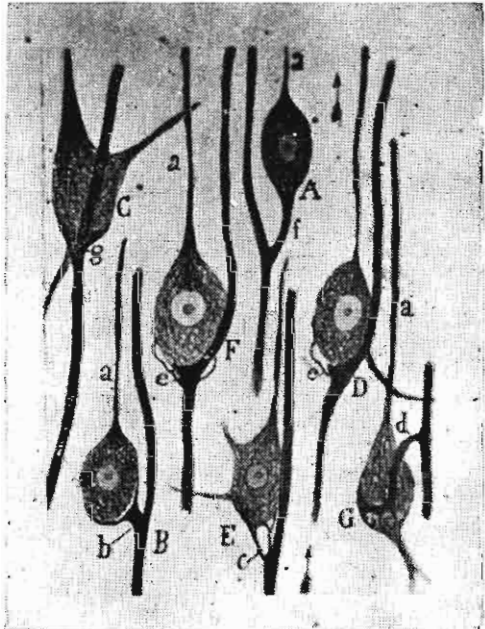


Fig. 102

LAMINA XXVII

- Fig. 103.—Detalle de la estructura del nucleo intersticial.—
A, células de origen de los axones descendentes del
fascículo longitudinal posterior (B) (Embrión humano).
- Fig. 104.—Células de origen del fascículo longitudinal pos-
terior (D) de los peces.— A, foco de v. Gehuchten; B,
neuronas del motor ocular común; C, patético.
- Fig. 105.—Axones de Purkinje cortados: hipertrofia de los
axones arciformes; B, plexos en torno de células es-
peciales; C, axon de Purkinje normal.
- Fig. 106.—Terminaciones caliciformes del nervio vestibular de
las aves en el epitelio de las crestas acústicas.— E,
fibra gigante formando un nido para tres células ci-
liadas; D, e, fibras finas distribuidas en plexo horizon-
tal por debajo de dichas células.

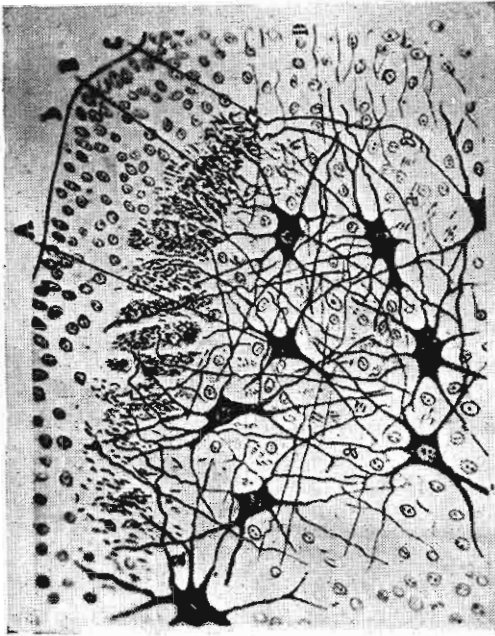


Fig. 103

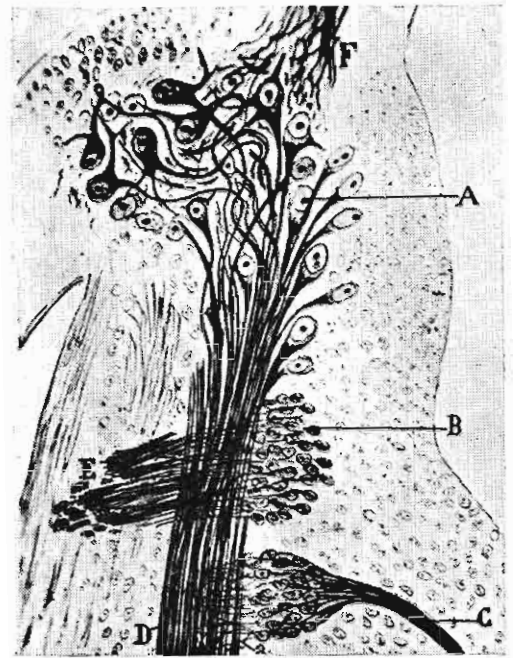


Fig. 104

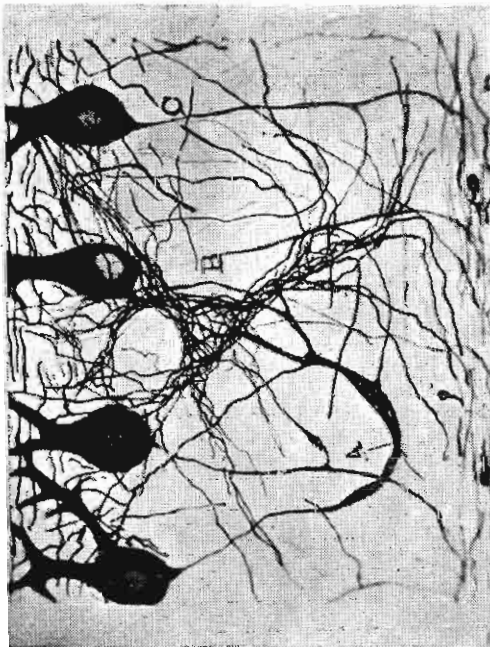


Fig. 105

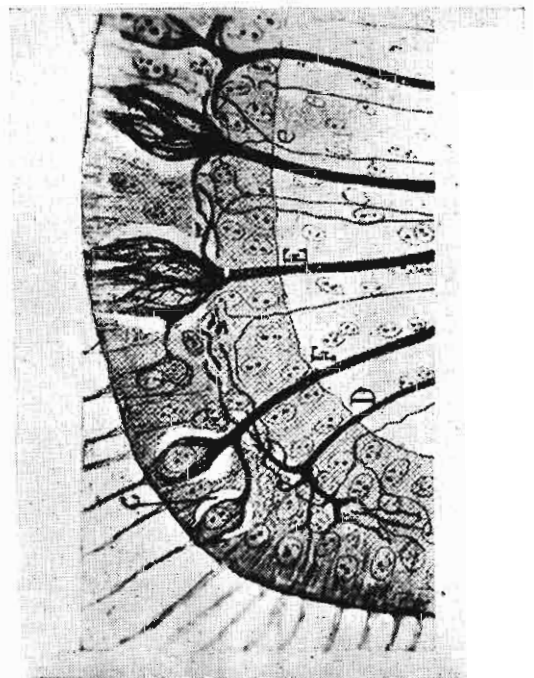


Fig. 106