

PEQUEÑAS CONTRIBUCIONES

AL

CONOCIMIENTO DEL SISTEMA NERVIOSO

TRABAJOS DEL LABORATORIO

HISTOLÓGICO DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE BARCELONA

POR

S. R. CAJAL



- I. Estructura y conexiones de los ganglios simpáticos.
- II. Estructura fundamental de la corteza cerebral de los batracios, reptiles y aves.
- III. La retina de los batracios y reptiles.
- IV. La médula espinal de los reptiles.

CON 12 ZINCOGRAFÍAS INTERCALADAS EN EL TEXTO

20 de agosto de 1891



BARCELONA

IMPRENTA DE LA CASA PROVINCIAL DE CARIDAD

1891

PEQUEÑAS CONTRIBUCIONES

AL

CONOCIMIENTO DE LOS CENTROS NERVIOSOS

DE LOS

VERTEBRADOS

I.

ESTRUCTURA Y CONEXIONES DE LOS GÁNGLIOS SIMPÁTICOS.

Los trabajos de estos últimos años debidos á Golgi y sus continuadores, Kölliker, Martinotti, Fusari, Tartuferi, Flechsig, Retzius, Cajal y otros, han aclarado muchos puntos oscuros de la estructura de los centros cerebro-raquídeos; pero hay un órgano, el cordón ganglionar del gran simpático, donde todos los esfuerzos se han estrellado, á causa de la casi imposibilidad en que nos hallamos de teñir sus células y fibras.

Es cierto que el método de Ehrlich ha dado resultados brillantes en manos de Arnstein, Dogiel, Retzius, etc., en lo que se refiere á las células simpáticas de la rana; mas en los vertebrados superiores (aves y mamíferos), donde evidentemente la disposición de las células es muy distinta (son estrelladas y multipolares, mientras en los batracios son unipolares y piriformes), el azul de metiló se muestra completamente impotente. El método de Golgi, que nos proporcionó en los ganglios de las vellosidades intestinales algunos éxitos, no ha satisfecho nuestras esperanzas en los centros ganglionares principales (cadena ganglionar vertebral).

En una comunicación preventiva leída por Kölliker ante

X-53-122678-5

la sociedad físico-médica (sesión, 23 nov. 1889) de Wurzburgo, se anuncia la obtención de algunos resultados en el ganglio cervical superior de la vaca. A fuerza de ensayos, ha logrado teñir este sabio ciertas células estrelladas cuyas expansiones se ramifican repetidamente, continuándose con fibras de Remack, y ha visto también apéndices celulares mucho más finos que parecen anastomosarse con las fibras no meduladas que cruzan el ganglio.

Pero la no publicación *in extenso*, y con láminas de este trabajo, parece indicar que los ensayos de impregnación no han sido continuados, quizás por la extrema inconstancia y defectuosidad de la reacción negra.

Por nuestra parte, después de muchas tentativas de impregnación, la mayor parte infructuosas, hemos logrado, colocándonos en ciertas condiciones que luego indicaremos, obtener éxitos medianamente lisonjeros. Sin dar, ni con mucho, como resuelto el problema de la fina anatomía de los ganglios simpáticos, nuestros recientes ensayos descorren una punta del denso velo que oculta la complicadísima trama de estos centros, y permiten esperar que, si se continúan las tentativas y se mejora el método analítico, la incógnita llegará á despejarse del todo.

La primera condición del éxito es la elección del sujeto de estudio. Los embriones convienen mucho más que los animales adultos; y entre aquéllos los de pollo del 14 al 18 día de la incubación se nos han mostrado particularmente propicios. Y entre todas las regiones del simpático, es singularmente favorable la del cuello, no sólo por el mayor tamaño de los ganglios, sino porque su proximidad á las raíces y ganglios raquidianos, da grandes facilidades para la persecución de las fibras que conexionan estas diversas partes. Bajo este aspecto, el ganglio cervical superior llena nuestro *desideratum*, pues su proximidad á los ganglios raquídeos es tal, que en muchos puntos está adherido á éstos, sirviendo la raíz anterior de tabique intermedio (fig. 3).

En cuanto á las condiciones de la impregnación, son: 1.^º Induración, por 3 días, de trozos de columna vertebral de embrión de pollo en la mezcla osmio-bicrómica, cuidando dejar en torno de los fragmentos las partes blandas pervertebrales con objeto de que los ganglios simpáticos resulten

profundos, y el líquido fijador les alcance con cierta lentitud; 2.^º sumersión en nitrato de plata al 0,50 ó 0,75 por 100, durante 36 horas; 3.^º nueva sumersión de las piezas en el mismo líquido indurante, ó, en su defecto, en una nueva mezcla en que la proporción de la solución ósmica sea de 2 por 20 de bicromato; 4.^º lavado rápido al agua destilada; 5.^º sumersión otra vez en nitrato de plata (misma fórmula) por 36 ho-



Fig. 1. — Ganglio del gran simpático torácico. Embrión de pollo de 14 días.

A, ganglio simpático; *B*, territorio del ganglio espinal; *a*, *b*, *c*, células multipolares grandes, cuyos cilindros-ejes parecían ir al ganglio raquídeo; *d*, otra célula, cuyo cilindro marchaba en otra dirección; *e*, célula con varios cilindros-ejes; *f*, anastomosis apagitudinales de traves.

ras ó 2 días. Este proceder, que yo llamo *intensivo ó impregnación doble*, tiñe muchas células y fibras que el proceder ordinario no revela nunca ó casi nunca.

La teoría de la nueva impregnación es tan oscura como la de la primera. Puede decirse solamente que el bicromato del segundo baño, en presencia del nitrato argéntico que empapa el tejido, da una segunda reducción en ciertos corpúsculos

que habían permanecido incoloros, completándose todavía la coloración al actuar el segundo baño de plata.

Mi hermano ha demostrado que en ciertos casos puede ser beneficioso purgar la pieza, mediante un lavado en agua destilada (12 horas de acción), del nitrato de plata tomado en el primer baño argéntico: esta modificación da mayor limpieza á los fondos, pero en general, y sobre todo para impregnaciones en puntos difíciles, el lavado nos parece quitar fuerza al teñido.

El método de doble impregnación no debe reputarse absolutamente infalible. Sus éxitos dependen también de ciertas condiciones que es preciso dominar. La principal nos parece ser una ligera sobre-induración en el primer líquido bicromático. Si la induración preliminar es muy grande (4 ó más días de acción) ó muy breve (24 horas), la impregnación segunda no sobreviene ó se produce incompletamente.

En estos casos y siempre que un objeto (retina, médula embrionaria, gran simpático, etc.) se resista á la doble impregnación, debe utilizarse la *triple*, que consiste en someter otra vez la pieza al baño débil de bicromato y ósmico y después al nitrato de plata. Hasta ahora pocos ó ningunos objetos se nos han resistido á esta reiterada acción combinada de los dos baños activos.

Cada ganglio simpático tiene que considerar: 1.^º sus células nerviosas; 2.^º sus fibras nerviosas; 3.^º sus comisuras, ramas y raíces.

Células nerviosas. Aparecen esparcidas por todo el espesor del ganglio, excepto por sus cabos superior é inferior donde convergen los haces de fibras nerviosas longitudinales. No están formando capas, sino salteadas y dispersas entre hacescillos de fibras nerviosas que les forman verdaderos nidos separadores. En general, se muestran, particularmente en la periferia, tan apretadas que resulta difícilísima la percepción de sus límites, en el supuesto caso de que sean impregnados varios elementos.

Todas las células son estrelladas ó multipolares, y las únicas diferencias que se observan tocan al tamaño y al número de apéndices; hay células pequeñas (fig. 1, h) cuyas expansiones parecen surgir solamente de un lado del cuerpo; y las hay de gran talla (fig. 1, a, c) donde las expansiones son largas,

numerosas y emergentes de todos los lados del protoplasma.

La mayor parte de estas espansiones son varicosas y co-noideas; disminuyen sucesivamente de diámetro y se ramifican repetidamente hasta acabar en punta romá ó pequeña varicosidad (fig. 2, f). En ciertas células, existen penachos de ramas protoplasmicas como ensortijados, que parecen aplicarse sobre células próximas. Alguna vez dos espansiones se adhieren tan íntimamente que se dirían anastomosadas (fig. 1, f); no obstante, no nos atrevemos todavía á dar estas uniones por reales comunicaciones sustanciales, pues pudieran ser casos de contactos longitudinales sumamente íntimos.

Entre las espansiones celulares se ve, á menudo, una, no precisamente más delgada que las otras, sino más larga, cilíndrica, que conserva sin ramificarse su individualidad, para terminar ingresando, ya en las fibras longitudinales que unen la cadena ganglionar, ya en las ramas y raíces nerviosas inmediatas. Alguna vez dicho apéndice, en cuanto aborda un paquete de fibras (fig. 2, c, d), se bifurca en rama ascendente y descendente; otras veces, antes de ingresar en un fascículo de la comisura longitudinal, emite dos ó más ramas cuya suerte ulterior no hemos podido determinar, bien que de alguna pueda afirmarse presenta el carácter de ramito colateral.

La expansión de que hablamos es evidentemente una fibra nerviosa: la finura de su contorno, sus varicosidades, situadas de trecho en trecho, su individualidad perfecta, y sobre todo su ingreso, que hemos comprobado muchas veces, ya en una raíz del ganglio (ramos comunicantes), ya en una rama, ya en la comisura longitudinal, lo prueban de manera perentoria. ¿Nuestras dudas se refieren al punto siguiente? ¿La célula simpática tiene una sola expansión nerviosa ó varias? ¿Son nerviosas todas las prolongaciones celulares?

Punto es éste que no puede resolverse de plano, mientras nuestras observaciones no sean más numerosas. Sólo diremos que en la mayor parte de aquellas células de nuestros preparados cuyas espansiones se mostraban bien impregnadas, una sola pudo seguirse á gran distancia, y á menudo hasta fuera del ganglio; pero hemos de añadir que alguna de las prolongaciones cortas de las mismas células tenían frecuentemente la delgadez y lisura del cilindro-eje, y que cabría

suponer en ellas una impregnación incompleta. En suma, mi pensamiento actual, provisorio quizás, es que si bien la mayor parte de las células simpáticas poseen un solo cilindro-eje, hay corpúsculos, probablemente los más robustos, que están provistos de dos, tres ó más, en armonía con lo que

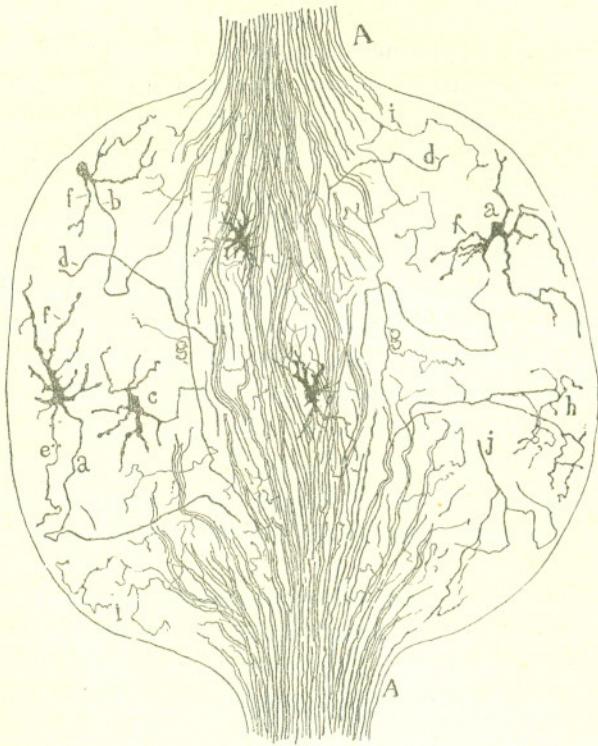


Fig. 2.—Ganglio simpático torácico del embrión de pollo de 15 días.
Corte longitudinal.

A, cordón longitudinal ó interganglionar, cuyas fibras se disocian en parte en las regiones centrales; *a, a*, células cuyos cilindros-ejes iban a los manojo comisurales longitudinales; *b*, otra pequeña cuyo cilindro ingresa en el cordón longitudinal; *c*, otra cuyo cilindro parecía dividirse en *T* en el cordón longitudinal; *d, d*, cilindros-ejes análogos cuyas células no se impregnaron; *e*, un cilindro-eje supernumerario? *g*, fibra longitudinal con colaterales para el ganglio; *f*, expansiones protoplasmáticas; *h*, arborización terminal libre de una fibra longitudinal; *i*, otra arborización análoga; *j*, cilindro-eje, al parecer, que suministraba varias ramas.

observamos hace tiempo en las vellosidades intestinales, donde la mayor parte de las expansiones nos parecieron exhibir carácter funcional. De suerte que las células simpáticas se juntan mediante apéndices cortos (protoplásmicos) con los elementos vecinos, y con una ó varias expansiones largas con

corpúsculos extra-ganglionares, ó habitantes de ganglios diferentes. Quizás fuera más cuerdo prescindir por completo de las designaciones *protoplasmática* y *nerviosa* y distinguir simplemente los apéndices simpáticos en *largos* ó *extra-centrales* y *cortos* ó *intra-centrales*: tanto más cuanto que el criterio de la delgadez y lisura, que sirve en la médula y cerebro para diferenciar los cilindros-ejes de los apéndices protoplásmicos, no siempre puede aplicarse en el gran simpático; pues se ven á menudo expansiones celulares, cortas, más finas que las largas ó nerviosas. El solo carácter valedero parece ser la conservación de la individualidad hasta fuera del ganglio ó al menos por una distancia mayor que las demás expansiones.

Fibras nerviosas de los ganglios simpáticos. Cuando se estudia un corte longitudinal bien impregnado de un ganglio simpático torácico, obsérvese que está atravesado en sus regiones centrales y de arriba abajo por una porción de haces de fibras finas, varicosas y apretadas.

Hay haces que se separan y se pierden en el espesor del ganglio, pero existen otros que se continúan á través de todo el diámetro vertical, ingresando por ambos cabos en el cordón nervioso de unión ó interganglionar longitudinal (fig. 2, A).

Las fibrillas de estos haces suministran en su curso 1; 2 ó más finísimas colaterales que marchan por entre las células vecinas, ramificándose repetidamente y siguiendo un curso tortuosísimo. Sus últimos ramúsculos, notablemente varicosos, rematan libremente, aplicándose en torno de las células simpáticas.

Es fácil en muchos puntos observar la terminación de las fibrillas longitudinales ó comisurales: comienzan por separarse del haz de que formaban parte; suministran varias ramitas varicosas de curso tortuosísimo, que marchan contorneando células, y acaban finalmente por una arborización ó por un corto número de ramúsculos granulosos libres (fig. 2, h, i).

¿De dónde vienen las fibras longitudinales? No es fácil determinar para todas ellas el origen, pero de algunas cabe afirmar que representan simplemente, ya cilindros-ejes ya ramas de cilindros-ejes de células de otros ganglios simpáticos vecinos. En la fig. 2 figuramos varios cilindros-ejes que, al llegar á los fascículos longitudinales que cruzan la región

central, torcían bruscamente para ingresar en ellos. En ciertos casos, el cilindro-eje divídese en T ó Y al abordar las fibras comisurales, engendrando una rama ascendente y otra descendente (fig. 2, c, d,) ó dividiéndose de manera más complicada aún.

Ramas simpáticas. Se impregnán rara vez, pero en algunos casos hemos logrado ver que, una parte por lo menos de las fibras de que constan los nervios viscerales, representan cilindros-ejes de corpúsculos simpáticos. En circunstancias afortunadas hemos podido observar un cilindro-eje, desprendido de un hacesillo longitudinal,emerger del ganglio y ramificarse en torno de una gruesa arteria (fig. 3, o). Algunas fibras gruesas de las ramas simpáticas son cilindros-ejes de la raíz anterior que atraviesan el ganglio sin ramificarse (fig. 3, h).

Quizás concurren también algunas fibras de los ganglios raquídeos.

Raíces ó ramas comunicantes. Cuando el ramo comunicante es largo, como acontece en la región dorsal, es difícil perseguir sus fibras y fijar su procedencia; pero en los casos afortunados en que el ganglio simpático está adherido al ganglio sensitivo, y raíces del par raquídeo, nada más fácil que fijar el origen de los tubos componentes de las raíces simpáticas.

En las impregnaciones mejores, hemos alcanzado á contar tres clases de fibras en cada ramo comunicante: 1.^a fibras llegadas de la raíz anterior; 2.^a fibras arribadas de la rama anterior del par raquídeo 3.^a fibras venidas del simpático é ingresadas en el ganglio espinal.

1.^a Las primeras llegan de la médula, entremezcladas con las motrices, de las que se distinguen por su notable delgadez (fig. 3, d, e). Después de un curso tortuoso á través del ganglio, se ramifican varias veces y terminan por finos rámculos varicosos pericelulares.

2.^a Las segundas, procedentes de la rama anterior del par raquídeo, son asimismo finísimas por comparación con las motrices sus compañeras, penetran también en el ganglio simpático, y acaban por arborizaciones extensas de extrema delicadeza (fig. 3, f, g).

3.^a Del ganglio simpático salen cilindros-ejes que penetran en el ganglio espinal correspondiente. Su manera de

terminar no hemos podido percibirla en los embriones; pero en los mamíferos recién nacidos (ratón) parecíanos que se continuaban con ciertas arborizaciones pericelulares en cesta, ó nido de los ganglios espinales. Quizás en los embriones de ave estas arborizaciones no estén formadas aún.

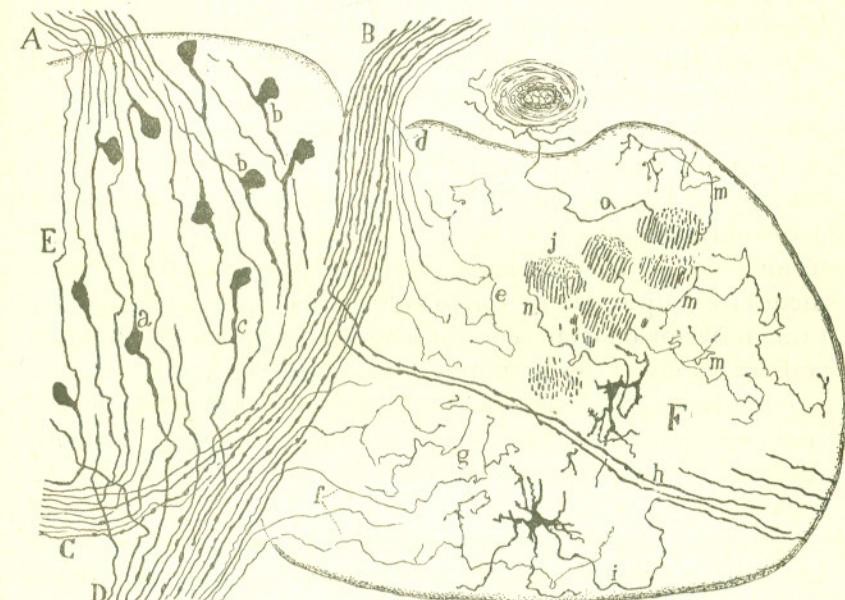


Fig. 3.—Ganglio cervical del gran simpático en un paraje en que estaba adherido á la raíz anterior y á un ganglio espinal. Corte horizontal. Embrión de pollo de 15 días.

A, raíz posterior; B, raíz anterior; C, rama posterior del par raquídeo; D, rama anterior del mismo; E, ganglio espinal; F, ganglio simpático. a, célula bipolar del ganglio espinal; c, otra ya transformada en unipolar después de pasar por las transiciones b'; b, fibras finas venidas de la raíz anterior y arborizadas en c; f, fibras finas arribadas de la periferia con la rama anterior y arborizadas en g; h, fibras motrices que se incorporan a alguna rama simpática; j, haces longitudinales cortados de través á los que se incorpora el cilindro-eje n; m, colateral arborizada de una fibra longitudinal; o, fibra longitudinal ramificada en una arteria.

Finalmente, como más atrás hemos indicado, en ciertos cortes se aperciben fibras gruesas ya desprendidas de las motrices de la raíz anterior, ya de las sensitivas del ganglio raquídeo inmediato, que parecen cruzar el ganglio simpático y se asocian á sus ramas.

CONCLUSIONES.

I.^a Las células simpáticas son estrelladas, irregulares, y

provistas de multitud de espansiones repetidamente ramificadas. La mayor parte de estas espansiones parecen cortas y terminan libremente entre las células; pero existe una ó varias quizás, que por su longitud y conservación de su grueso poseen carácter de nerviosas ó fibras de Remack.

2.^a Las fibras que penetran en los ganglios, ya comisurales longitudinales ya de otra naturaleza, acaban por arborizaciones libres pericelulares de gran delicadeza.

3.^a Las fibras comisurales longitudinales que cruzan ó acaban en cada ganglio, emiten varias finas colaterales libremente terminadas.

4.^a La raíz anterior y rama anterior de cada par raquídeo conducen al ganglio fibras terminales. Las de la raíz anterior representan verosímilmente las fibras vaso-motrices medulares supuestas por los fisiólogos; las que llegan por la rama anterior podrían ser cilindros-ejes centrípetos de células simpáticas viscerales (ganglios intestinales, cardíacos, etc.).

5.^a Los nervios simpáticos contienen cilindros-ejes de células simpáticas y probablemente tubos medulados, ya sensitivos ya motores, llegados de las raíces anterior y ganglio espinal.

6.^a Las espansiones protoplasmáticas sirven para asociar dinámicamente (transmisión por contacto) varias células de un mismo ganglio; y las nerviosas verosímilmente para asociar células de ganglios distintos y comunicar con otros centros nerviosos (ganglios raquídeos) y órganos de la vida vegetativa.

II.

LA ESTRUCTURA FUNDAMENTAL DE LA CORTEZA CEREBRAL EN LOS VERTEBRADOS INFERIORES.

CORTEZA CEREBRAL DE LOS ANFIBIOS

Fuera del trabajo de Stieda (1) ejecutado con el método al carmín, apenas se conocen indagaciones especiales tocante á la textura de la corteza cerebral de los anfibios. Las monografías de Osborn (2), Bellonci (3), Edinger (4), y Schulgin (5), tratan particularmente de la anatomía macroscópica, y de la marcha de los fascículos nerviosos á través del cerebro anterior, dando pocas indicaciones tocante á las propiedades de las células de la corteza.

Recientemente, ha aparecido un trabajo de Oyarzum (6) ejecutado según el método de Golgi modificado, que llena en gran parte esta laguna. Ha descrito este autor de manera exacta la forma de las células nerviosas y neuróglicas, distinguiendo por la primera vez en aquéllas una verdadera expansión funcional dirigida hacia atrás.

Nosotros hemos confirmado los hechos anunciados por Oyarzum en la rana, salamandra y tritón. A su trabajo añadiremos algunos detalles encaminados á probar que, á pesar

(1) *Stieda L.* Studien über das Central-Nervensystem des Wirbelthiere. Leipzig, 1870.

(2) *Osborn:* The origine of the corpus callosum, etc. *Morphol. Jahrbuch.* 1887.

(3) *Bellonci:* Sulle commissure cerebrali anteriore degli Anfibi e dei Rettili. *Bologna,* 1887.

(4) *Edinger:* L. Untersuchungen über die vergleichende Anatomie des Gehirns. 1.^a Das Vorderhirn. *Abhandl. d. Senckenbergischen naturforsch. Gesell.* Frankfurt. a. M. 1888.

(5) *Schulgin:* Ueber den Bau der centralen Nervensystems des Amphibiens und Reptilien, 1887 (citado por Edinger).

(6) *Oyarzum:* Ueber den feineren Bau des Vorderhirns des Amphibien. *Arch. f. mik. Anat.* Bd. xxxv, 1890.

de la distancia, en orden á la disposición macroscópica, existente entre la corteza de los anfibios y la de los reptiles y mamíferos, bajo el punto de vista de la fina anatomía, entra aquélla también en el plan estructural de los vertebrados superiores.

Como ha hecho notar Edinger, con los anfibios se inicia la construcción de la corteza cerebral gris de los vertebrados, revelándose bajo la forma más sencilla y elemental. Pero

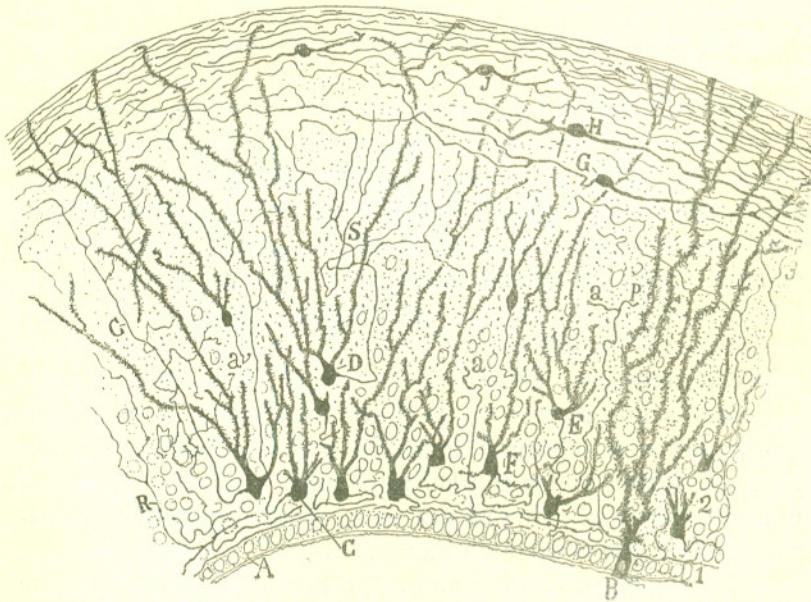


Fig 4.—Corte transversal de la corteza cerebral de la rana (región lateral-superior).

1. Epitelio ventricular; 2, capa de los granos ó pirámides; 3, capa molecular.
B, célula epitelial; **C**, células, cuyos cilindros-ejes ascienden á la zona molecular donde s- ramifican; **D**, célula cuyo cilindro-eje se arboriza en s, perdiendo la individualidad; **E**, célula cuyo cilindro-eje descendia primero para remontarse después y bifurcarse en la parte alta de la capa de los granos; **F**, célula cuyo cilindro-eje ascendia para hacerse antero-posterior; **G**, célula horizontal de la capa molecular donde no se veía cilindro-eje; **H y J**, otras horizontales con un cilindro-eje.

Nota.—La letra *a*, quiere decir dirección hacia delante, y la *p*, dirección hacia atrás.

esta sencillez se refiere más bien al número de células y sus expansiones, no á la índole ó naturaleza de los factores que constituyen el *substratum* de las funciones nerviosas más elevadas.

Consta la corteza cerebral de los anfibios (rana, salamandra, tritón, etc.). de tres zonas fundamentales que son, de

dentro á fuera: 1.^a *epitelial*; 2.^a *de los granos ó células nerviosas*; 3.^a *molecular ó finamente granulosa*. Esta última es la más espesa y contiene tal cual célula nerviosa como ya reconoció Stieda.

I.^a *Zona epitelial.* Esta capa, bien descrita por Oyarzum, consta de una hilera de células recias, triangulares ó en forma de maza, que limitan la superficie ventricular. La serie es regular y continua, no alternante como parece indicar Oyarzum. Cada célula emite por su base, una ó quizá varias espansiones pestañosas, que en nuestros preparados se presentan siempre dobladas (fig. 4, B), y por su vértice un grueso y áspero tallo, dirigido á la periferia y complicadamente arborizado; sus últimas ramitas felposas y varicosas, alcanzan la superficie libre, donde se dilatan en un cono ó cilindro limitante (fig. 4, B).

Constituyen estas células epiteliales la única trama de sostén de la corteza, y forman una gran parte de la sustancia molecular, circunstancia que ha demostrado primeramente Oyarzum.

2.^a *Zona de los granos ó células nerviosas.* Equivale á la de las pirámides de los reptiles y mamíferos. Trátase de células, triangulares ó alargadas, de base inferior y prolongadas hacia la superficie en dos, tres ó más tallos notablemente ramificados y espinosos. Las ramificaciones, como ha descrito bien Oyarzum, suben hasta la capa molecular donde rematan libremente.

El tamaño de las células decrece de abajo arriba como sucede en las zonas de las pirámides en los mamíferos. Las más gruesas tocan los cuerpos de los elementos epiteliales. El número de corpúsculos disminuye también desde lo profundo á lo superficial, hasta llegar, por suaves gradaciones, á una zona donde sólo se ven esparcidos sin orden y con rareza (capa molecular).

El cilindro-eje ha sido visto por Oyarzum, quien afirma se dirige hacia atrás, constituyendo haces antero-posteriores de fibras nerviosas. El hecho es positivo, pero creemos que sólo para algunas células situadas en su mayoría, en la parte alta de la capa de los granos ó pirámides. Los elementos más gruesos é inferiores y una gran parte de los situados en zonas más altas, envían su cilindro-eje á la capa molecular, donde

se termina por estensas ramificaciones libres. Estas células, corresponden en parte á las de cilindro ascendente que Martinotti (1), Cajal (2), Retzius (3) han descrito en la corteza gris de los mamíferos. La célula representada en D, exhibía un cilindro-eje ascendente que se consumía en un gran número de colaterales, perdiendo su individualidad, sin alcanzar la porción más alta de la zona molecular. Esta célula podría asimilarse sin esfuerzo á las de cilindro corto de los mamíferos (sensitivas de Golgi).

En cambio, el cilindro de otras células, más robustas y profundas (fig. 4, C), conserva bien su personalidad hasta lo alto de la capa molecular, por la que marcha en dirección horizontal. Quizás estos cilindros-ejes se prolonguen á gran distancia, en cuyo caso, y suponiendo que no traspasasen el límite de la corteza, podrían estimarse como *cilindros largos* ó de asociación, y las células de que parten como elementos de asociación y proyección (células motrices de Golgi).

Cualquiera que sea el curso de los cilindros-ejes, ya ascienda, ya marche horizontalmente hacia atrás, suministra siempre colaterales que se arborizan abundantemente entre las células y expansiones protoplasmáticas.

3.^a Capa molecular. Es la más espesa de todas y no aparece bien limitada por abajo de la zona celular ó de los granos.

Esta zona tiene igual composición que la correspondiente de los mamíferos y reptiles. Encierra células globulosas con dos ó más expansiones protoplasmáticas, ya horizontales, ya divergentes y un cilindro-eje finísimo, al parecer arborizado dentro de la zona molecular. Pero se ven también, acá y allá, algunas células fusiformes parecidas á las descritas en los reptiles, es decir, que no poseen una diferenciación en cilindros-ejes y expansiones protoplasmáticas, sino que, ocurridas algunas divisiones, los apéndices más finos toman aspecto de filamentos nerviosos de marcha horizontal, y

(1) Martinotti. Beitrag zum Studium der Hirnrinde, etc. *Internat. Monatschr. f. Anat. u. Physiol.* Bd. VII. 1890.

(2) Cajal. Textura de las circunvoluciones cerebrales de los mamíferos inferiores; Diciem. 1890, y Sur la structure de l'écorce cérébrale de quelques mammifères. *La cellula*, T. VII p. fasc. 1891.

(3) Retzius. Ueber den Bau der Oberflächenschicht des Grosshirnrinde beim Menschen, etc. Stockholm. 1891.

libremente terminados. Estos elementos abundan especialmente en la región posterior ó occipital y ángulo superior interno de la corteza. (Fig. 4, G).

Contiene también la zona molecular, infinidad de colaterales ascendentes de cilindros-ejes profundos, es decir, situados ya entre los granos ya encima de ellos, y como ya hemos mencionado, encierra además arborizaciones libres de numerosos cilindros-ejes ascendentes.

En ciertos puntos de la corteza, la porción media de la capa molecular contiene fibras más apretadas, gruesas y paralelas: diríase que representaba la sustancia blanca de los vertebrados superiores. Estos refuerzos de fibras nos han parecido provenir de otros órganos del encéfalo. Así, en la parte inferior y lateral, se ve un grueso haz superficial continuado con el tractus olfatorio, del cual penetran en la sustancia molecular subyacente infinidad de finas colaterales (disposición también visible en los mamíferos).

En otras regiones (parte interior de la corteza sobre todo), son las zonas más profundas de la capa molecular las que contienen las fibras más espesas: éstas representan probablemente el fascículo antero-posterior, representado por Oyarzum: de todos modos, el estudio de la marcha y origen de las fibras de la corteza en los batracios es difícil, y varía probablemente en los distintos puntos del cerebro.

En resumen: 1.^º La corteza de los batracios ofrece las tres partes fundamentales de toda corteza cerebral: la zona molecular; la zona de las pirámides; la capa epitelial; pero no existe una capa bien deslindada de sustancia blanca, pareciendo marchar las fibras de manera dispersa por entre las células nerviosas, ya en la zona molecular superficial, ya en la parte más honda de ésta. 2.^º Las pirámides llenan con sus arborizaciones, como en los mamíferos, todo el espesor de la capa molecular, poniéndose en relación con las fibras nerviosas de esta última. 3.^º La zona molecular contiene elementos nerviosos propios y constituye, del mismo modo que en los reptiles y mamíferos, el punto general de encuentro y conexión de todos los elementos.

Empeñado desde hace año y medio en el estudio de la difícilísima trama de la corteza cerebral, preocupábame el hallar una especie de vertebrados donde aquélla apareciese sencilla y como esquemática, á fin de encontrar en ella un hilo conductor que me sirviese para interpretar la enmarañada urdimbre de las circunvoluciones del hombre y mamíferos superiores.

Partía yo del supuesto de que la corteza gris del cerebro, en cualquiera vertebrado inferior en que se estudie, ha de exhibir una misma estructura, pues que desempeña funciones de idéntica naturaleza; de esta identidad son buenos ejemplos la médula, y cerebelo: grandes ó pequeños, estos órganos presentan iguales en toda la serie de los vertebrados.

La suerte salió á mi encuentro. A mi paso por Zaragoza el pasado mes de junio, mi hermano, ocupado entonces precisamente con la estructura de los centros de los reptiles y batracios, mostróme las preparaciones obtenidas con el método rápido y con el proceder de la doble impregnación. Y fué grande mi sorpresa y alegría al notar la facilidad con que el cerebro de los reptiles adquiere la coloración negra y sobre todo al observar, en aquella corteza simple, el plan fundamental de la estructura del cerebro de los mamíferos. Todos los factores que yo acababa de describir en el ratón, conejo, rata, tenían allí franca representación, con la ventaja de una persecución facilísima de las fibras.

A mi vuelta á Barcelona dime á preparar cerebros de reptiles trabajando de preferencia sobre embriones de lagartija y lagartijas jóvenes y reciennacidas.

En el presente trabajo, expondremos sumariamente la estructura de la corteza cerebral de los reptiles. No todas las regiones del cerebro muestran exactamente la misma disposición de las células é igual espesor en los estratos; pero la estructura fundamental así como el número de capas coinciden. Las regiones más propias al estudio, por la delgadez de los estratos y facilidad en la persecución de las fibras, son: la cara interna de los hemisferios y, sobre todo, la parte posterior de los mismos (lóbulo occipital en contacto con el

lóbulo óptico). A este último punto se refiere el dibujo adjunto (fig. 5).

La corteza gris del cerebro de los reptiles ha sido objeto de varios trabajos, casi todos encaminados al estudio de su morfología y disposición macroscópica. Pueden citarse á este respecto las monografías de Bellonci (1), Osborn (2), Schulgin (3), y Rabl-Rückhardt (4). La fina textura de la

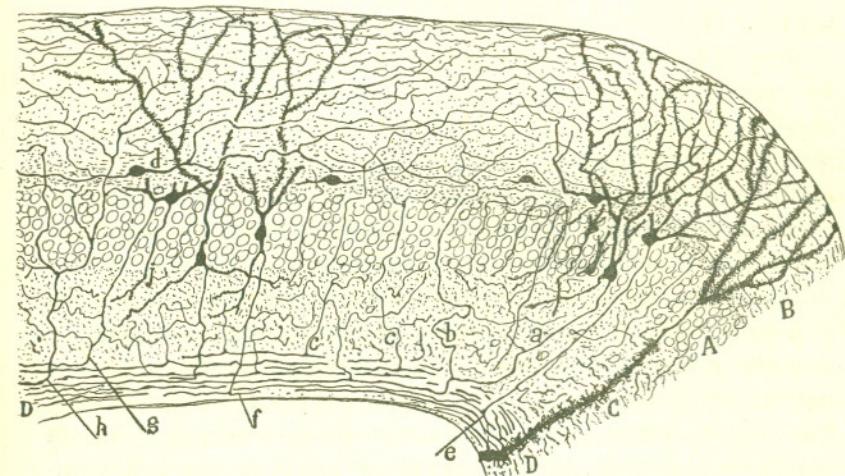


Fig. 5.—Corte horizontal de la parte posterior de la corteza cerebral de la lagartija.

A, capa de los granos ó pirámides; **B**, capa molecular superficial; **C**, capa molecular profunda ó de los corpúsculos polimorfos; **D**, substancia blanca.
E, cilindro-eje de una pirámide que suministra en **b**, una colateral repartida en la zona molecular superficial; **F**, colaterales de la sustancia blanca arborizadas en la zona molecular superficial; **G**, otro que suministra colaterales para la molecular inferior; **H**, fibra terminal de la sustancia blanca arborizada en todo el espesor de la corteza, pero sobre todo en la zona molecular superficial.

Nota.—A la derecha de la figura hemos representado una célula epitelial.

sustancia gris del cerebro anterior, ha sido examinada especialmente por Stieda (5) con el método al carmín y por Edinger (6), con el de Weigert. Este último autor nos da

(1) Loco citato.

(2) Loco citato.

(3) Loco citato.

(4) Rabl-Rückhardt: Das Centralsystems des Alligators. *Zeitschrift f. wissenschaftliche Zool.* Bd. xxx.

(5) Stieda: Ueber den Bau des centralen Nervensystems der Schildkröte. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool.* Bd. xxv.

(6) Loco citato.

una buena descripción de las capas grises y fibras meduladas, y considera el cerebro de los reptiles como el esbozo del de los mamíferos, pues en él encuentra ya las capas de la corteza, un lóbulo occipital, asta de Ammon, etc., partes que ó no existen ó son extremadamente rudimentarias en los anfibios y peces.

El parecido de los estratos de la corteza del cerebro de los reptiles con el de los mamíferos, consiente designarlos con los nombres aplicados al cerebro humano por Meinert, Schwalbe, etc.

De fuera adentro son: 1.^a Capa molecular ó pobre en células nerviosas; 2.^a Capa de las pirámides grandes y pequeñas; 3.^a Capa de los corpúsculos polimorfos (4.^a y 5.^a de Meinert de la corteza humana); 5.^a Sustancia blanca.

Zona molecular. (Capa neuróglica externa de Edinger.) Su aspecto es exactamente el de la de igual nombre de los mamíferos, cuando se la examina en las coloraciones al carmín. La porción más interna de esta capa contiene, como ha mencionado Edinger, algunas células nerviosas y tal cual fibra medulada.

Pero la estructura real de esta zona sólo puede revelarla el método de Golgi. El cromato argéntico tiñe en ella un número extraordinario de fibras nerviosas ramificadas, sin médula, varicosas y algunas de enorme longitud. Después de un curso en gran parte horizontal, cada ramita termina dentro de la zona molecular á favor de una pequeña varicosidad, exhibiendo en su trayecto algunos ramúsculos cortos, espinosos y nacidos en ángulo recto. Aún cuando toda la zona molecular sirve de punto de expansión á estas fibrillas nerviosas, obsérvese que yacen mucho más apretadas y son más gruesas en el plano más profundo de aquélla, paraje donde habitan ciertas células nerviosas especiales (fusiformes y estrelladas).

El origen de las fibras de la capa molecular es cuádruple. Proceden unas de las cé'lulas encerradas en el plano más bajo de dicha zona; representan otras, colaterales ascendentes de cilindros-ejes de células piramidales; las hay que son colaterales de fibras de la sustancia blanca; y, por fin, se ven algunas, precisamente de las más espesas, que representan la arborización terminal de cilindros-ejes llegados de la sustancia blanca.

Examinemos estas diversas fibras á partir de las que provienen de células situadas en la zona molecular.

Células fusiformes y globulosas. Se tiñen difficilísima-mente por el método de Golgi, y es preciso para verlas hacer gran número de impregnaciones. En la fig. 5, d, representa-mos una de las más completas que hemos hallado en nues-tros preparados; estaba situada cerca de la zona 2.^a, como la mayor parte de las de su especie; de sus extremos partían expansiones larguísima-s, que se ramificaban repetidamente, suministrando una gran parte de las fibras nerviosas gruesas de la capa molecular, dentro de cuyos lindes remataban li-bremente.

Dichas expansiones son lisas, no dentellándose como las protoplasmáticas de las pirámides; y si bien en su arranque son moderadamente espesas, conforme se ramifican, se adel-gazan y alargan de tal suerte que no es posible distinguirlas de los cilindros-ejes verdaderos; por lo cual nos inclinamos á estimar las células fusiformes supradichas como elementos donde no hay diferenciación de cilindro-eje y expansiones protoplasmáticas, llenando todas las expansiones un papel funcional. Esta propiedad es tanto más curiosa y significa-tiva, cuanto que últimamente hemos hallado también en la zona molecular de los mamíferos, células fusiformes con ci-lindros-ejes múltiples extendidos igualmente en sentido ho-ri-zontal dentro de los límites de la mencionada capa. Sola-mente que en los mamíferos algunas expansiones celulares nos han parecido tener carácter de protoplasmáticas.

Además de tales células fusiformes, hemos encontrado otras ya globulosas, ya estrelladas, con sólo un cilindro-eje y expansiones protoplasmáticas verdaderas; pero la rareza de su coloración no nos consiente hacer de ellas un estudio detallado. De todos modos, el cilindro-eje nos ha parecido acabar también ramificándose en la zona molecular.

Colaterales ascendentes.—Los cilindros-ejes de las células piramidales, una vez llegadas á la zona 3^a, suministran en ángulo recto ó casi recto 2, 3 ó 4 colaterales, en su mayor parte arborizadas dentro de dicha capa. Algunas de estas colate-rales (fig. 5, b) después de curso tortuoso ya oblicuo ya hori-zontal, suben á la capa 2.^a y remontan luego á la molecular. En ésta, unas veces se doblan para recorrer horizontalmente

una gran extensión; otras se bifurcan ó suministran varias ramas divergentes; y en todo caso, las últimas ramitas varicosas y finas acaban libremente entre los elementos de la zona molecular. La masa de estas fibras parece especialmente acumulada en la mitad inferior de esta capa cerebral.

Hay también colaterales que, después de aproximarse á la zona molecular donde abandonan alguna ramita, descienden otra vez verticalmente, constituyendo un asa, para perderse en la zona 3.^a Existen asas que por su concavidad suministran también filamentos descendentes, produciendo imágenes de aspecto complicado.

Colaterales de la substancia blanca. —Cuando se examinan las partes más delgadas de la corteza cerebral en piezas donde las fibras de la sustancia blanca se hayan teñido incompletamente, es facilísimo ver que casi todas las fibras de dicha sustancia emiten en ángulo recto colaterales ascendentes, algunas de las cuales atraviesan la zona 3.^a se bifurcan á su entrada en la 2.^a y sus ramas, una vez llegadas á la capa molecular, constituyen una arborización de ramas finas, varicosas y larguísima. Hay fibra de la sustancia blanca que suministra 4, 5 y más colaterales de esta clase en un corto trayecto; otras al contrario, ó no emiten ninguna ó solo envían durante el mismo trayecto una ó dos. Al pasar dichas colaterales por la capa 3.^a abandonan frecuentemente algún ramúsculo. (Fig. 5, c).

Fibras terminales de la sustancia blanca. —La gran mayoría de las fibras de la sustancia blanca son continuación de los cilindros-ejes de las células piramidales (capa 2) y polimorfas (capa 3); pero encuéntranse muchas que no paran en células, sino que se consumen en vastísimas arborizaciones que cubren de fibrillas el espesor de toda la sustancia gris. Las ramas más altas de estas arborizaciones nerviosas ganan la zona molecular y en ella desarrollan una estensísima é intrincada ramificación cuyos filamentos corren en todos sentidos, acabando libremente (fig. 5, h).

Bajo el punto de vista del espesor, cabría distinguir estas fibras arborizadas en medianas y espesas. Estas últimas son naturalmente las que dan mayor número de ramitas. Tanto las unas como las otras representan cilindros-ejes de asociación cuyas células de origen deben vivir en otros puntos de la corteza, y quizás en otros órganos centrales.

La disposición de las fibras nerviosas arborizadas puede estudiarse facilísimamente en los embriones de lagartija ó en lagartijas recién nacidas. En estos pequeñísimos cerebros es donde mejor que en ninguna parte se persigue el trayecto de las fibras y puede descubrirse su modo de terminar.

Capa de las pirámides. Es un estrato celular apretado, bien descrito por los autores, particularmente por Edinger. Fórmate varias series de células alargadas de arriba abajo, piramidales unas, fusiformes otras, que no presentan bien determinada esa graduación de tamaño propia del cerebro de los mamíferos.

Todas ellas poseen, como ha demostrado primeramente mi hermano, un cilindro-eje descendente, que llega hasta la sustancia blanca, y una, dos ó más ramas protoplásmicas ascendentes que se ramifican en la capa molecular, mostrando en sus contornos aquellas singulares espinas colaterales que nosotros hemos descrito en las pirámides de los mamíferos. Casi siempre hay alguna rama protoplásmica descendente destinada á la zona 3.^a

Zona 3.^a ó de los elementos polimorfos. Contiene escasas células, ya globulosas, ya estrelladas, ya fusiformes bien descritas por mi hermano, cuyo trabajo, inédito aún, establece su significación.

Pero lo que da carácter á esta zona es el número extraordinario de fibrillas varicosas, dirigidas flexuosamente y en todos sentidos, que la cruzan. Representan estas hebras, en su inmensa mayoría, colaterales de los cilindros-ejes de las pirámides. Añadamos también la presencia de colaterales de la sustancia blanca, y arborizaciones nerviosas de fibras de asociación, y tendremos idea del intrincadísimo plexo de filamentos nerviosos constituido en esta zona.

Zona 4.^a Consta de fibras nerviosas, rectas, recias, varicosas, paralelas, y en su mayor parte continuadas con los cilindros-ejes de las células nerviosas piramidales. En la porción superior é interna de los hemisferios, se advierte que algunas de ellas se continúan con tubos del cuerpo calloso.

Neuroglia. Como ha demostrado mi hermano, la corteza de los reptiles carece de células neuróglicas en araña, haciendo sus veces las células epiteliales que, comenzando en las cavidades ventriculares, cruzan toda la corteza rematando por

un penacho de fibras vellosas en la misma superficie cerebral (fig. 5, c).

En resumen: 1.^o La corteza de los reptiles posee, como ha hecho notar Edinger, la misma estructura fundamental que la de los mamíferos. 2.^o La zona molecular equivale á la del hombre y mamíferos, pues en ella se encuentran fibras ramificadas abundantísimas, células fusiformes y globulosas especiales y las arborizaciones terminales protoplasmáticas de las pirámides. Estas arborizaciones son también espinosas y sirven para relacionarse con las fibrillas nerviosas mencionadas. 3.^o Como en los mamíferos, las fibras nerviosas de la zona molecular reconocen tres orígenes: 1.^o colaterales de la sustancia blanca y de los cilindros-ejes de las pirámides; 2.^o terminaciones arborizadas de fibras de la sustancia blanca, y 3.^o cilindros-ejes de células yacentes en la misma zona molecular. Es probable que intervengan también, como indica mi hermano, fibras terminales del cuerpo calloso. No hemos visto aún aquellos cilindros-ejes ascendentes que en los mamíferos se ven partir de células profundas de la corteza; aunque suponemos, razonando por analogía, su existencia en los reptiles. 4.^o Las capas de células piramidales están en los reptiles representadas por una porción de hileras muy apretadas de corpúsculos alargados ó piramidales, entre los cuales pasan las colaterales ascendentes. 5.^o La capa de los corpúsculos polimorfos (4 y 5 de Meinert) es en los reptiles pobre en células, pero riquísima en colaterales de los cilindros-ejes que la cruzan. 6.^o Todas las células envían penachos protoplasmáticos á la zona molecular y expansiones protoplasmáticas descendentes menos numerosas á la de los corpúsculos polimorfos, únicas zonas donde rematan fibras nerviosas. Esta disposición prueba una vez más que la transmisión del movimiento nervioso tiene lugar entre expansiones protoplasmáticas de una parte y fibrillas nerviosas terminales de otra. Cada célula piramidal parece poseer pues dos estaciones de empalme: una superior; otra inferior. 7.^o Para la transmisión de las corrientes entre fibras y células, la estación principal parece ser la capa molecular, pues en ella tienen representación bajo la forma, ya de expansiones protoplasmáticas, ya de ramificaciones ó colaterales de cilindros-ejes, todos los elementos de la corteza, incluso las fibras terminales de asocia-

ción é intercentrales. 8.^o Es probable, como tendremos ocasión de esponer detalladamente en otro trabajo, que las células nerviosas estén dinámicamente polarizadas, siendo las expansiones protoplasmáticas aparatos de recepción y las arborizaciones nerviosas, aparatos de aplicación de las corrientes.

CORTEZA DE LAS AVES

Nuestros estudios no están todavía terminados. Podemos, no obstante, mencionar que la porción de la corteza que cubre los ventrículos posee, como en los reptiles, una zona molecular superficial constituida por infinidad de fibrillas nerviosas ramificadas, procedentes, ya de células especiales allí existentes, ya de colaterales ascendentes y cilindros-ejes de células yacentes en capas más profundas; y una zona gruesa, formada de células, ora piramidales, ora estrelladas, ya irregulares, cuyas expansiones ascendentes son dentelladas y cubren de ramos toda la zona molecular.

En los embriones de 16 á 18 días, el epitelio se presenta como en los mamíferos: arranca del ventrículo y se prolonga bajo la forma de fibras varicosas y rectas hasta la misma superficie cerebral, donde acaban por un fleco de hilos terminado en cono. Además de los elementos epiteliales que alcanzan por dentro la cavidad ventricular, se ven otros, desprendidos de ésta, cuyo cuerpo yace á diferentes alturas de la corteza.

III

ESTRUCTURA DE LA RETINA DE LOS REPTILES Y BATRACIOS

El estudio de la retina de los vertebrados inferiores ha entrado en una nueva vía, desde que Dogiel (1) ha aplicado á la demostración de la morfología de las células y fibras nerviosas, el método de Ehrlich al azul de metileno. Los resultados obtenidos por este sabio, coinciden con los conseguidos por Tartuferi (2), en la retina de los mamíferos, y por nosotros (3), en la de las aves.

No habiendo los autores aplicado todavía el método de Golgi rápido á la retina de los reptiles y batracios, sin duda por la inconstancia de la reacción argéntica, hemos procurado modificar el método, de suerte que diese resultados más constantes en las pequeñas retinas, como son naturalmente las de la rana y lagartija, animales donde preferentemente han recaído nuestras pesquisas.

El proceder en puridad no es más que el de impregnación doble expuesto más atrás, pero con alguna variante, que dice relación con la pequeña dimensión de las piezas á indurar. Las operaciones son: 1.^a submersión de la retina con la esclerótica durante 24 horas en la mezcla osmiobicrómica; 2.^a impregnación por 24 en nitrato de plata al 1 por 100; 3.^a nueva submersión en la mezcla (sol. ósmica, 2, sol. de bichromato, 20), por 24 horas; 4.^a nueva acción de 24 horas del mismo baño de plata. Tras media hora de endurecimiento en alcohol fuerte, se incluye la retina, superficialmente, en parafina, ó celoidina. Cortes gruesos.

(1) Dogiel: Ueber Verhalten der nervosen Elementen in der Retina der Ganoïden, Reptilien Vogel und Säugethiere. *Anatom. An.* 1888.

(2) Tartuferi: Sull'anatomia della retina. *Intern. Monatschr. f. Anat. u. Physiol.* 1887.

(3) S. R. Cajal: Sur la morphologie et les connexions des éléments de la rétine des oiseaux. *Anatomischer Anzeiger*, 1889. n.º 4.

Células de Müller.—Tíñense muy bien por el cromato argéntico y se comprueba plenamente la descripción de los autores, particularmente la de Ranvier. La figura 6 da idea de estos singulares elementos. Llamamos solamente la atención: sobre las grandes mortajas que dichas células forman á los grandes espongioblastos, con cuyo pedículo se prolonga á veces una expansión del material de envoltura (fig. 6, c); sobre las finas fibras colaterales que la fibra de Müller suministra á su paso por la zona reticular interna, y sobre la ausencia de expansiones al nivel de la reticular externa.

Bastones y conos. No se tiñen casi nunca: cuando lo están el resultado confirma las descripciones clásicas.

Granos externos. La reacción sobreviene más á menudo, pero todavía con cierta rareza. La fibra del cono, como la del bastón á semejanza de lo que pasa en las aves, termina en la capa reticular externa por un penacho de hilos (fig. 7, a, b) cortos de marcha transversal.

Capa reticular externa. Se presenta la disposición descrita por Dogiel, por Tartuferi y nosotros. A esta capa van á parar los penachos ascendentes de las células bipolares, los descendentes de los conos y bastones, y las expansiones protoplasmáticas horizontales de las células subreticulares. Estas últimas son en la rana larguísima, se ramifican de manera divergente en el mismo plano de la zona reticular, y cada rama larga emite hacia arriba ramificados cortos, granulosos, que se colocan

entre las arborizaciones terminales de los conos y bastones (fig. 7, e). Un cilindro-eje descendente no hemos visto; pero alguna vez hemos seguido ciertas fibras verticales, incompletamente impregnadas, que podrían serlo.

Capa de los bipolares. Estos elementos son en la rana como los de las aves y reptiles. La fig. 7, c presenta la disposición



Fig. 6.

Una célula epitelial de la retina de la rana; *a*, bolsas para dos células ganglionares; *b*, apéndices cortos situados en la capa reticular interna; *c*, bolsas granulosas para los espongioblastos; *d*, zona correspondiente á la capa reticular externa; *e*, limitante externa; *f*, limitante interna.

más general, que confirma plenamente la señalada por Dogiel. La maza de Landolt nace de lo alto del penacho ascendente de la bipolar y termina por una nudosidad encima de la limitante. El penacho inferior en que remata el cilindro-eje acaba cerca de la zona ganglionar, formando un piso de arborizaciones varicosas, sumamente apretadas. A veces, al nivel de los otros pisos de la capa reticular interna suministran, como en las aves, algunas colaterales cortas y fuertemente varicosas.

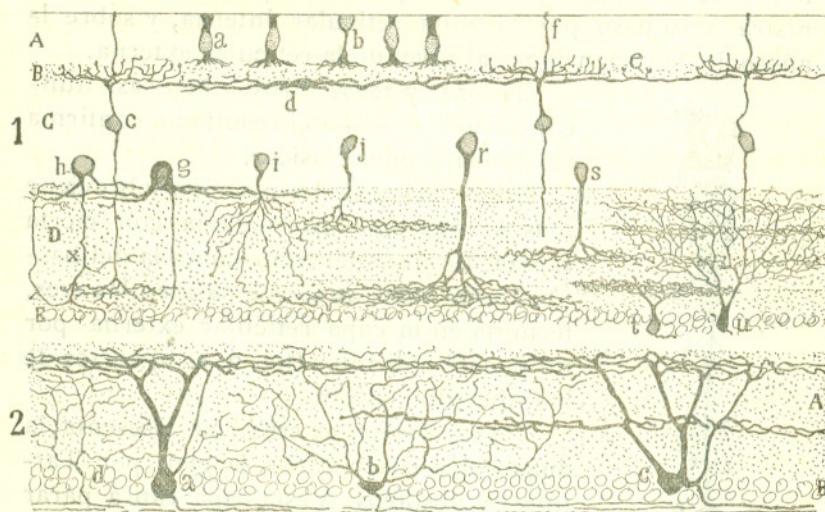


Fig. 7.—Cortes de la retina de la rana teñidos al cromato de plata.

1. *A*, granos externos; *B*, reticular externa; *C*, granos internos; *D*, reticular interna; *E*, capa ganglionar; *a*, cono; *b*, bastón; *c*, célula bipolar; *d*, célula subreticular que en *e* suministra finos y cortos ramos ascendentes; *f*, maza de Landolt; *g*, espongioblasto mitral ó nervioso; *h*, una variedad de éste cuyo cilindro suministra colaterales; *i*, espongioblasto pequeño (tipo 3.^o); *j*, espongioblasto mediano de tallo recto (tipo 2.^o); *r*, espongioblasto gigante (tipo 1.^o); *x*, otro espongioblasto como *e* y *j*, pero de arborización más baja; *t*, célula ganglionar pequeña; *u*, célula ganglionar de arborización multiestriatificada (cél. ganz. del tipo 1.^o).

2. Un corte de la capa reticular interna ganglionar y de las fibras ópticas de la retina de la rana: *A*, reticular interna; *B* células ganglionares; *a*, célula ganglionargigante (tipo 4.^o); *c*, otra con dos pisos de arborización; *b*, otra de arborización difusa (tipo 3.^o); *d*, fibra del nervio óptico que parecía terminar por arborizaciones libres en la capa reticular.

Espongioblastos. Dogiel ha señalado varias formas de las que nosotros hemos comprobado dos: el espongioblasto mitral (fig. 7, *h*, *g*) y el piriforme de tallo recto; pero existen otras formas y variedades que vamos sumariamente á señalar.

Debemos afirmar desde luego, como cosa perfectamente cierta, que los espongioblastos constituyen dos razas de cé-

lulas completamente distintas. Los unos, representados por el espongioblasto mitral (2.^a especie de Dogiel) son células nerviosas verdaderas; los otros, de forma de pera, y expansión única descendente, *carecen de cilindro-eje* y no son, por consiguiente, células nerviosas comunes, ni sus caracteres morfológicos consienten incluirlas en las neuróglicas. Por consiguiente, no queda otro recurso que hacer de ellas una especie nerviosa aparte, que provisoriamente podemos designar con el nombre de *células apolares* para indicar que carecen de expansión funcional. Esta especie abunda en el bulbo olfatorio donde constituye los llamados granos, y quizás se encuentran en otros centros nerviosos.

Célula mitral ó espongioblasto nervioso. Nada tenemos que añadir á la descripción de Dogiel y á la que nosotros dimos de estas células en las aves. La fig. 7, *x* indica la posibilidad de que el cilindro-eje proceda de una rama protoplásmica descendente.

Las células apolares ó corpúsculos sin expansión funcional, se nos han presentado bajo los siguientes tipos:

Tipo 1.^o Es una célula piriforme gigantesca, que emite hacia abajo un tallo robusto terminado encima de la capa ganglionar, en el piso más bajo de la zona reticular interna, por una arborización plana de notable extensión. Las ramillas últimas son varicosas, flexuosas y rematan libremente (fig. 7, *r*).

Tipo 2.^o (Fig. 7, *j*). Célula piriforme pequeña, situada en el plano más alto de la zona de los espongioblastos; el tallo único que suministra desciende algo flexuoso y en el 2.^o piso de la reticular interna, forma una arborización tupida, no muy extensa y de ramillas fuertemente varicosas. De igual forma se encuentra á veces una variedad más gruesa, cuya arborización se dilata en un piso más bajo, casi medio de la capa reticular (fig. 7, *s*).

Tipo 3.^o Célula enana, piriforme, cuyo tallo único, fino y flexuoso al llegar á la zona reticular, se dilata en una arborización de hebras finas, descendentes y oblicuas, que pueden llegar hasta los pisos inferiores, pero sin estratificarse nunca (fig. 7, *i*). Estas células, que ya vimos nosotros en las aves, corresponden probablemente á una de las variedades de Dogiel. Nosotros las designamos en nuestro trabajo del 89,

espongioblastos neurogliformes, suponiéndoles de naturaleza neuróglica. Hoy creemos que son células nerviosas, pero de la variedad apolar.

Tipo 4.^o Corpúsculo piriforme gigante, de tallo descendente, espeso y recto que, llegado al piso tercero de la zona reticular, estalla, digámoslo así, en una radiación aplanada de hilos larguísimos que pueden seguirse cerca de un milímetro (fig. 8, A). Estos hilos son algo flexuosos y, una vez separados de la célula, no se ramifican ya, conservando su dirección originaria. Distinguense bien de los procedentes de los otros espongioblastos por su lisura, separación y enorme longitud.

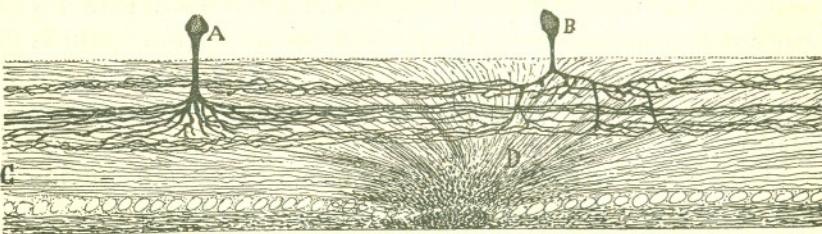


Fig. 8.—Corte perpendicular de la capa reticular interna, ganglionar y de las fibras ópticas de la retina de la rana.

A, espongioblasto gigante piriforme que se dilata en una arborización de grande extensión; B, otro menos grande con dos pisos de arborización; C, fibrillas nerviosas paralelas, convergentes en D, donde se ve una magnífica irradiación, cuyo foco parece continuarse con manojos de fibras de la zona de los filamentos del nervio óptico. En esta última zona se ven hacecillos cortados de través.

Tipo 5.^o Probablemente se trata de una variedad del anterior, pues los hilos que constituye su tallo descendente alcanzan también grandísima extensión B; pero se distingue de aquel en que da dos pisos de arborización, uno correspondiente al 2.^o y otro al 3.^o de la zona reticular interna. Por lo demás, este tipo celular es algo más pequeño que el anterior.

Fibras paralelas de la retina. En ciertas preparaciones de la retina que han sufrido una sobre-induración por el método, ya doble ya triple, las células y sus arborizaciones dejan de teñirse, apareciendo solamente un sistema especial de fibras, rectas ó casi rectas, jamás ramificadas, que caminan paralelamente á la retina en una extensión tan grande que no bajará por lo menos de 3 ó 4 milímetros.

Estas fibras tienen todas las apariencias de cilindros-ejes, y constituyen espesos planos que abarcan todo el espesor de

la zona reticular interna, aunque se acumulan de preferencia al nivel de los pisos ó estratos de arborización de las células nerviosas y espongioblastos, desde el 1.^o, situado casi en el línde superior de dicha zona, hasta más abajo del cuarto, es decir, encima mismo de las células ganglionares y punto de entrelazamiento del penacho inferior de las bipolares.

La finura, trayecto rectilíneo, ausencia de ramificaciones é inmensa longitud de estas fibras (muy superior á las de ciertos espongioblastos) las distinguen bien de toda otra fibra retiniana.

Si se siguen las fibras paralelas á través de una serie de cortes, se advierte que en ciertos parajes se hacen oblicuas, descendiendo lentamente de nivel (fig. 8, D), y aproximándose y convergiendo á un punto de la zona ganglionar, desde el cual parecen pasar á la de las fibras del nervio óptico. Las células ganglionares nos ha parecido que, al nivel de estos parajes, yacían más separadas y como aplastadas por los gruesos haces de fibras descendentes. Jamás hemos logrado percibir la menor señal de continuidad entre estos filamentos y las células ganglionares ó bipolares, ni siquiera reunión de dos ó más fibras en un tallo más grueso, por donde pudiera colegirse un origen protoplasmático.

No podemos determinar el número de radiaciones ó estrellas nerviosas (así las llamaremos para abreviar) existentes en una misma retina. La mayor parte de los cortes nos presentan una; pero poseemos algunos que encierran dos: quizás en la totalidad de la retina haya 4 ó 5; aunque sobre esto no pueden hacerse cálculos fundados por la rareza de las coloraciones completas de las estrellas.

El nuevo problema que la existencia de las radiaciones nerviosas retinianas nos plantea, es una sombra más sobre la misteriosa urdimbre de la zona reticular.

Dónde terminan las fibras de estas estrellas? Lo ignoramos; jamás traspasan los lindes de la zona mencionada, ni se ramifican, ni enlazan con células retinianas. Esta ausencia absoluta de ramificaciones parece anunciar una terminación libre análoga á la de las colaterales de la corteza gris del cerebro.

De dónde vienen estas fibras paralelas? Lo ignoramos también, si bien la circunstancia de que el foco de cada es-

trella desciende hasta la zona de las fibras del nervio óptico, y la particularidad de no unirse jamás con ramas de los corpúsculos ganglionares inmediatos, nos inclinan á suponer que dichas radiaciones representan un haz de fibras ópticas que, abandonando su estrato, se diseminaría divergiendo en todo el espesor de la capa molecular ó reticular interna.

Por tan singular disposición, la zona molecular de la retina resulta idéntica en construcción anatómica á las demás zonas moleculares de los centros (1.^a capa cerebral, molecular del cerebelo, etc.). En efecto; todas las moleculares constan de dos factores principales: fibras nerviosas paralelas llegadas ya de células próximas ya de tubos nerviosos de la sustancia blanca; y arborizaciones protoplásmicas de corpúsculos nerviosos subyacentes. Para que la semejanza sea mayor, podrían estimarse las células apolares retinianas como los elementos de cilindros múltiples de la 1.^a zona cerebral, pues que los espongioblastos, no teniendo cilindro-eje, todas sus expansiones terminales parecen representar apéndices funcionales. Por todo lo cual, la retina viene á constituir un centro nervioso periférico construído según el plan estructural de todos los centros.

Por lo demás, las fibras radiadas nos parecen existir también en los reptiles y aves, y quizás en los mamíferos; pero en aquéllos no se nos presentaron nunca con tal corrección que pudiéramos definir su naturaleza.

Capa reticular interna.—Está constituida por la reunión de las arborizaciones terminales de: 1.^a los espongioblastos ó células apolares; 2.^a las células ganglionares; 3.^a las estrellas nerviosas; 4.^a algunas fibras nerviosas sueltas del nervio óptico. Todas estas fibras ó su mayor parte se disponen en pisos, cuyo número oscila entre 4 y 5 en las porciones más gruesas de la retina. Cada piso ó plano de ramificación es punto de encuentro de ramas terminales de corpúsculos apolares y de arborizaciones protoplásmicas de células nerviosas de la capa ganglionar. En el piso más bajo, concurren también los penachos descendentes de las células bipolares.

Capa ganglionar.—Nuestras observaciones, tocante á las células de esta zona, concuerdan completamente con las de Tartuferi y Dogiel. Nosotros, á semejanza de lo que hicimos en la retina de las aves, añadiremos aquí algunos datos para

la distinción de estos elementos, que distan mucho de pertenecer á una sola especie.

Los tipos más comunes son:

Tipo 1.^º Uno de los más comunes está representado por unas células multipolares de talla considerable, de cuyo cuerpo parten dos, á veces más expansiones protoplásmicas ascendentes, terminadas por una riquísima arborización fina, varicosa, plexiforme, extendida por todo el espesor de la zona reticular interna. Las ramas de esta elegantísima arborización se acumulan particularmente en los pisos 1, 2, 3 y 4 de la zona plexiforme. Alguna vez las ramitas alcanzan al límite superior é inferior de dicha zona, pero sin constituir planos bien limitados (fig. 7, u).

Existen algunas variantes de este tipo, que se refieren al volumen y forma del cuerpo, así como al número y extensión de los pisos que cubren con sus ramajes.

Tipo 2.^º, ó células nerviosas piriformes enanas (fig. 7, t). El cuerpo es más pequeño que en el anterior, y de su parte alta surge un tallo protoplasmático recto, que llegado al piso cuarto, se desparrama en un ramaje aplastado de ramúsculos finos, flexuosos y notablemente varicosos. El conjunto da una imagen que recuerda la copa de un árbol con su hojarasca apretada. Estos elementos fueron descritos primamente por nosotros en la retina de las aves.

Como variante de este tipo, pueden estimarse ciertas células también piriformes, cuya arborización protoplasmática aplanada yace en el piso tercero, es decir, más arriba que la de los corpúsculos anteriores.

Tipo 3.^º En algunos puntos se ven células nerviosas, ya fusiformes, ya semilunares, de talla mediana, cuyo ramaje protoplasmático ocupa todo el espesor de la zona molecular, pero sin estratificarse como en los tipos anteriores; la arborización es también más laxa y pobre en ramúsculos secundarios (fig. 7, 2, b).

Como variante de este tipo cabe estimar una célula más pequeña, que se le parece por la dispersión, delgadez y no estratificación de sus ramas.

Tipo 4.^º Células gigantescas, así llamadas porque son los corpúsculos más grandes de la retina y sin disputa de los mayores de los centros nerviosos. El cuerpo es dos ó más ve-

ces mayor que el de las células nerviosas del tipo 1.^o, y se presenta ya piriforme, ya triangular, ya semilunar, según el número de ramas protoplásmicas que emite. Bajo el punto de vista del comportamiento de las ramas, pueden distinguirse dos razas ó variedades.

En la primera (fig. 7, 2, a), sólo asciende un recio tallo, ó á lo más se acompaña de alguna rama delgada, y cuando aquél llega al piso primero de la zona reticular, se divide rápidamente, constituyendo una arborización aplanada de ramos gruesos, flexuosos, que divergen, conservando su plano en grandísima extensión.

En la otra variedad, á menudo de mayor talla todavía, son dos ó más tallos los que se remontan, y, en vez de un solo plano de arborización, constituyen dos, que corresponden, el más alto al piso primero, y el otro al tercero. Las ramas de estas arborizaciones son espesas, flexuosas y se prolongan en una extensión enorme, conservando su plano de un modo constante. En algunos casos nos ha parecido dilatarse en una extensión de cerca de dos milímetros (fig. 7, 2, c).

Capa de las fibras nerviosas.—Casi todas las fibras del nervio óptico se continúan con los cilindros-ejes de las células ganglionares, superpuestas y espongioblastos nerviosos.

Alguna vez nos ha parecido ver ciertas fibras nerviosas sueltas, que se terminaban libremente en la zona molecular sin continuarse con células (fig. 7, 2, d); pero la rareza del hecho nos veda ser explícitos acerca de su significación. De todos modos, estas fibras no se parecen á las que describimos en la retina de las aves.

REPTILES

Han recaído nuestras observaciones de manera preferente sobre la lagartija (*Lacerta agilis*) y la tortuga (*Emys europea*). Para abreviar, sólo trataremos de aquellas partes donde el teñido ha sido provechoso.

Células epiteliales.—Se coloran bien por el cromato argéntico, apareciendo exactamente lo mismo que en las aves, es decir, que la fibra de Müller posee mortajas ó fundas grandes para los espongioblastos y otras más pequeñas destinadas á las bipolares; al llegar á la zona reticular interna se seg-

menta en tres, cuatro ó más cordones, que bajan divergiendo un tanto, hasta abordar la limitante interna, donde rematan por otros tantos espesamientos cónicos (fig. 9, A).

Granos de los conos y bastones.—Se tiñen rara vez; cuando se impregnán bien, el núcleo resalta en pardo sobre fondo negro. El abultamiento inferior en que, tanto la fibra del cono como del bastón rematan, envía expansiones finas varicosas, como raicillas, que se pierden en la zona reticular externa, tocando y entrelazándose con las expansiones ascendentes de las bipolares.

Bipolares.—Se presentan lo mismo que en los batracios y aves: el cabo inferior extiende su arborización varicosa y apretada en el piso cuarto, cerca de la zona ganglionar; el penacho superior se desparrama en la capa reticular externa; y la maza de Landolt, bien colorable, remata en la limitante externa (fig. 9, B).

Espongioblastos.—Coincidén en gran parte con los de las aves y batracios.

Prescindiendo del *espongioblasto nervioso*, semejante al de las aves, digamos algo de los *apolares*. Entre ellos vense varios tipos, que son los siguientes:

Tipo 1.^o Apolar piriforme largo. De mediano tamaño, emite un tallo recto que baja hasta el tercero y á veces al cuarto piso de la zona reticular, donde produce una arborización rica, flexuosa, pero de corta extensión (fig. 9, E, J).

De esta misma especie hay otra variedad más robusta, cuyo tallo de arborización se desparrama por el piso segundo de suerte que son tres, y acaso cuatro, los pisos donde acaban estas células, cuya arborización se distingue por la laxitud, varicosidad y flexuosidad de sus ramitos.

Tipo 2.^o Apolar de pequeño ó mediano tamaño, que se prolonga en un tallo corto, inmediatamente dividido en varias ramitas constituyentes de un penacho delicado, de hilos descendentes, finos, que no se extratifican (fig. 9, I). Esta célula corresponde evidentemente al tipo 3.^o, descrito en los batracios, y á los *neurogliformes* de las aves.

Tipo 3.^o Célula apolar, pequeña, situada en la parte más alta de la capa de los espongioblastos; posee un tallo fino, descendente y rectilíneo que, al llegar al primer plano de la capa reticular, estalla en una bellísima estrella de delicadí-

símos hilos. Estos filamentos, tan finos á veces, que se exigen objetivos de gran amplificación para discernirlos, divergen casi en línea recta, conservando su dirección primitiva y plano de radiación, y alcanzando extraordinaria longitud. Antes de terminar, se engruesan, acabando por una nudosidad ó varicosidad bastante robusta y perfectamente libre (figura 9, F, H).

La reunión de las fibras de estos curiosos espongioblastos, constituyen en el piso primero un elegante plexo de radiaciones, que para ser observado en todas sus propiedades, es preciso estudiar en cortes horizontales de la retina. (R)

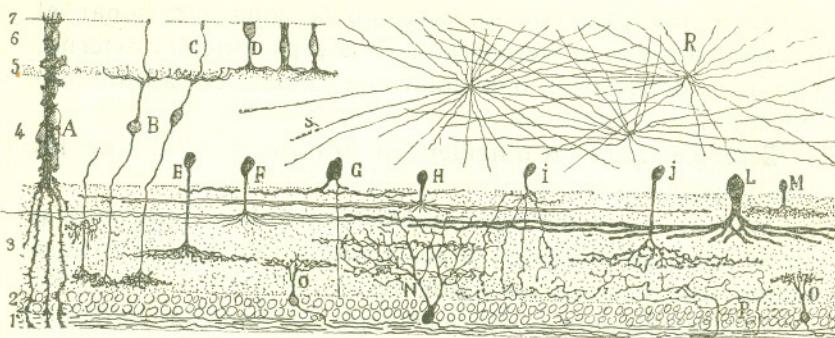


Fig. 9.—Cortes de la retina de la lagartija (*Lacerta agilis*).

A, célula epitelial; B, bipolares; C, maza de Laندolt; D, cono; E, espongioblasto de tallo largo (tipo 1.º); F, H, espongioblastos finos cuyo tallo se dilata en una estrella de fibrillas delicadísimas y horizontales (tipo 3.º); I, espongioblasto fino, de penacho irregular (tipo 2.º); J, espongioblasto de tallo largo (tipo 3.º); L, espongioblasto gigante; M, espongioblasto enano, de arborización minúscula (tipo 5.º); O, célula ganglionar menudamente arborizada y varicosa; N, célula ganglionar grande de arborización multietatificada; R, arborizaciones de los espongioblastos F y H, vistas en cortes horizontales de la retina; S, extremidad recia y granulosa de sus fibras.

Probablemente existe otro tipo semejante al anterior en las regiones más espesas de la retina, sólo que su radiación inferior yace en el piso segundo. Con todo, no aseguramos en absoluto se trate de una variedad del anterior; pues no habiendo visto los dos en el mismo corte retiniano, podría suceder que fuesen uno mismo, pero en distinta región de la retina (fig. 9, F). El error es tanto más posible, cuanto que las distancias de los pisos varían mucho, según las localidades retinianas.

Tipo 4.º Apolar gigante. Vense acá y allá en la retina de la lagartija unas células piriformes, de enorme espesor,

quizás las más gruesas de la retina. Su cuerpo piriforme y recio alcanza hasta el límite superior de los espongioblastos; y por abajo se prolonga en espesísimo tallo, el cual llegado al piso segundo se dilata rápidamente en una magnífica irradiación plana, de robustas fibras, que se estienden á gran distancia, sin separarse un ápice de su plano y dirección originaria. El conjunto de estas groseras fibras compone en el piso segundo un plano de fibras paralelas á la retina que, por su notable robustez y fijeza de dirección, se distinguen al primer golpe de vista de todas las arborizaciones de la zona reticular interna (fig. 9, L).

De este mismo tipo celular se encuentran variantes algo menos grandes pero siempre mayores que todos los demás corpúsculos apolares.

Tipo 5.º Viene á ser el reverso del anterior. Es un corpúsculo enano, de tallo descendente, corto y bruscamente terminado por una arborización reducida, y formada de rámitos varicosos, cortos y apelotonados, extendidos exclusivamente en el grueso del piso primero (fig. 9, M).

Capa de las células ganglionares. Se encuentran con ligeras variantes, como lo demuestra la fig. 9, N, O, los mismos tipos que en la retina de la rana. Abunda sobremanera el tipo multipolar, con arborizaciones estratificadas en dos, tres ó cuatro pisos de la capa reticular interna (tipo 1.º de los batracios), y el más pequeño piriforme, cuya expansión ascendente única se reparte en el piso cuarto (tipo 2.º de los batracios).

Fibras del nervio óptico. Se continúan en su mayor parte con los cilindros-ejes de las células nerviosas, de la capa ganglionar; pero, como en los batracios, se encuentran también algunas fibras nerviosas gruesas que penetran en la zona reticular interna, donde se arborizan extensamente. Las ramas, así como el tallo, se dirigen en gran parte horizontales, y las últimas ramitas, varicosas y flexuosas, acaban por intumescencias libres. (P)

Conexiones retinianas. No habiendo anastomosis entre las diversas expansiones de las células retinianas, hay que tomar el partido de explicar por contactos la marcha de las excitaciones luminosas.

Estos contactos ó articulaciones celulares son: 1.º articulación entre las expansiones de la fibra de los conos y basto-

nes y los penachos de las células bipolares; 2.^o articulación entre el penacho inferior de las bipolares y el piso inferior de espansiones protoplasmáticas de las células ganglionares pequeñas y grandes; 3.^o articulación en los centros ópticos (lóbulo óptico de los batracios y peces, etcétera) entre las ramificaciones terminales de los cilindros-ejes emergentes de las células ganglionares de la retina y las células fusiformes de dichos centros. En el lóbulo de las aves (1) nosotros demostramos hace 3 años la existencia de arborizaciones libres en las fibras ópticas, y, recientemente, las ha descrito mi hermano en los cuerpos geniculados y cuadrigéminos de los mamíferos y en el lóbulo óptico de los peces, batracios y reptiles (2). En los reptiles estas arborizaciones libres ocupan dos planos principales: uno superficial ó periférico; otro profundo ó intermediario. Las arborizaciones altas son aplanas, flexuosas y enredadísimas, y con ellas tocan los extremos de las células fusiformes profundas así como las espansiones de corpúsculos fusiformes ó estrellados horizontales. Las arborizaciones profundas son más espesas y grandes y provienen de una gruesa zona de fibras ópticas que penetra profundamente por la parte antero-inferior del lóbulo.

En suma: la excitación luminosa se traslada, de estación en estación, á través de la retina y del lóbulo óptico para ser conducida quizás á un departamento especial de la corteza cerebral.

Pero además de fibras centrípetas nacidas en la retina, hay fibras de origen central terminadas libremente en esta membrana. El papel fisiológico que estas fibras desempeñan es difícil de conjeturar. Su existencia no es, sin embargo, dudosa, pues á más de la demostración anatómica directa que nosotros hicimos en 1888 (3), Monakow (4) ha confirmado

(1) S. Ramón Cajal: Estructura del lóbulo óptico de las aves. *Rev. trim. de Histol.* 1888.

(2) P. Ramón: Tesis del doctorado. Investigaciones sobre los centros ópticos de los vertebrados. 1890.

(3) S. Ramón Cajal: Estructura de la retina de las aves. *Rev. trim. de Histol.*, etcétera, Agosto, 1888.

(4) Monakow: Experimentelle u. pathologisch-anatomische Untersuchungen über die optischen Centren u. Bahnen *Arch. f. Psych.* xx. 3; 1889.

su existencia por experiencias de anatomía patológica (método de Gudden).

Muchos problemas quedan por resolver tocante al fisiognomismo de la retina. Uno de los más oscuros es la naturaleza y acción de los llamados espongioblastos, de los que la variedad más importante (células apolares), no envía cilindro-eje á los centros: su papel parece ser de pura asociación, pues por sus arborizaciones inferiores horizontales tocan á todas las arborizaciones protoplasmáticas de las células ganglionares. Mas es difícil comprender el porqué de semejante asociación ó comunicación de las acciones de las ganglionares, cuando parece, *a priori*, más verosímil y más eficaz, á los efectos de la apreciación del detalle de las imágenes, una conducción individual de cada punto de las mismas.

Es probable también que la maza de Landolt sirva, con igual título que el bastón y el cono, para recibir la impresión luminosa que ganaría más directamente y con mayor individualización las células ganglionares.

Una particularidad que puede ser útil para la apreciación de la dirección de las corrientes en los centros se muestra en la retina: todas las espansiones protoplasmáticas están vueltas hacia atrás y, por consiguiente, son las primeras en afectarse por la excitación luminosa: el cilindro-eje y sus arborizaciones finales se afectan secundariamente y aplican el movimiento recibido á las ramas protoplasmáticas colocadas por debajo ó en los mismos centros nerviosos. En esta concepción, partimos del supuesto, muy verosímil, de que el filamento profundo de las bipolares representa un cilindro-eje corto, y la rama más gruesa periférica con su penacho un apéndice protoplasmico.

Esta doctrina es también aplicable al bulbo olfatorio, vías piramidales de la médula, nervios motores, etc. (1).

Sin forzar demasiado las analogías, podría establecerse esta polarización dinámico-anatómica para todos los centros, (cerebro, cerebelo, etc.) con lo cual, si la doctrina resulta cierta, vendrían á obtener todo un método de interpre-

(1) S. Ramón y Cajal: Sobre el papel fisiológico que desempeñan las arborizaciones protoplasmáticas y nerviosas de las células centrales.— *Memoria leída en el Congreso médico valenciano*, el 20 de julio de 1891.

ción fisiológica de la marcha, enlaces, etc., de las corrientes en el cerebro y cerebelo. De modo que, allí donde haya diferenciación de expansiones nerviosas y protoplasmáticas, todo ramaje protoplásmico y cuerpo celular representará un *aparato colector* ó de absorción de corrientes; el cilindro-eje un *aparato de conducción*; y su arborización final, una *disposición de aplicación* del movimiento recibido.

Excluimos de esta concepción dinámica, aquellos centros nerviosos donde no ha ocurrido todavía diferenciación de prolongaciones nerviosas y protoplasmáticas, tales como, los ganglios raquídeos, representantes del sistema nervioso primitivo de los invertebrados, y quizás también los del gran simpático de los mamíferos, donde probablemente todas las expansiones tienen igual valor anatómico y funcional. En los batracios, los ganglios simpáticos nos parecen tener igual significación anatomo-fisiológica que los raquídeos.

Otra circunstancia que importa consignar es la difusión sufrida por la impresión luminosa á través de la retina. Como el penacho superior de las células bipolares es más estenso generalmente que el de un bastón ó cono, resulta que una bipolar puede recoger la excitación llegada por varios conos y bastones. No obstante, al nivel de las fibras ópticas, el movimiento parece concentrarse é individualizarse, pues el número de células ganglionares es muy inferior al de bipolares. Arriba, pues, la imagen dinámica, representación de la lumínosa, notablemente concentrada y simplificada al cerebro, en la suposición, naturalmente, de que cada cilindro-eje no pueda conducir sino un solo modo de movimiento, ó unidad de impresión.

El papel de las células de Müller nos parece ser el de un aparato aislador, destinado á individualizar en lo posible las conducciones y evitar los contactos accidentales entre fibras que no deben comunicarse. Lo que da á esta hipótesis cierta verosimilitud, es la particularidad de que, allí donde se efectúan contactos ó transmisiones de corrientes, las láminas epiteliales ó mortajas pericelulares faltan; por ejemplo: en la zona reticular interna y externa. En estos parajes la fibra de Müller sólo remite algunas cortas y escasas espinas, situadas de tal modo que jamás se interponen en los planos de arborización y contacto de los elementos retinianos. Suponemos

este oficio, naturalmente, sin perjuicio del esqueletífero y de soporte que los autores asignan al epitelio.

Crecimiento de los corpúsculos retinianos. Hemos logrado impregnar, por el método doble, algunas retinas de embrión de pollo (14 días de incubación) y de lagartijas (3 ó 4 días antes de la eclosión), y aunque exiguos los resultados, hay algún detalle de crecimiento que no deja de tener interés.

Como se ve en la fig. 10, 1, en la retina de pollo al 14.^o día de incubación todos los elementos aparecen perfectamente formados, á excepción de la capa de conos y bastones que es rudimentaria. Llama desde luego la atención la exigüidad de la

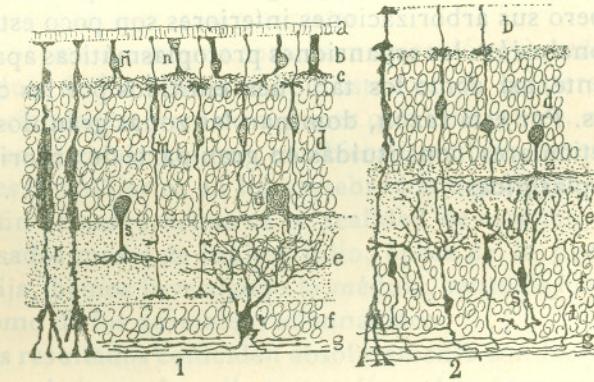


Fig. 10.

1. Corte de la retina de un embrión de pollo de 11 días; *a*, conos y bastones rudimentarios; *b*, granos externos; *c*, reticular externa; *d*, granos internos; *e*, reticular interna; *f*, ganglionar; *g*, fibra del nervio óptico; *r*, células epiteliales; *s*, espongioblasto; *t*, ganglionar; *n*, cono; *ñ*, bastón.

2. Retina de lagartija dos ó tres días antes de la eclosión; *b*, granos externos; *d*, internos; *c*, reticular externa; *e*, interna; *f*, células ganglionares; *t*, fibra que parece rematar libremente en la zona reticular interna; *g*, fibra del nervio óptico; *r*, célula epitelial.

zona de los granos externos y reticulares, y el extraordinario desarrollo de la capa de los granos internos, donde aparecen muy distintos los estratos de bipolares y de espongioblastos.

Las células epiteliales son delgadas, carecen de expansiones laminares en la zona de los granos externos y están provistas, cerca de la reticular externa, de un grumo protoplasmático grueso. La formación de las expansiones laminares se inicia al nivel de los espongioblastos. La limitante externa se dibuja en forma de placa espesa, cuya superficie no envía ningún apéndice; y el penacho inferior que en el adulto arranca del fin de la zona de los granos internos, comienza

entre los corpúsculos ganglionares y contiene dos, tres ó cuatro gruesos ramos terminados en cono al nivel de la limitante interna. Esta singular circunstancia se advierte asimismo en los reptiles, y obliga á imaginar que, durante el crecimiento, las células epiteliales se hieden hacia arriba.

Las células bipolares están bien formadas; solamente los penachos son algo rudimentarios (fig. 10, 1, m). Los elementos ganglionares, se distinguen de los adultos en ser más fusiformes, exhibir un ramaje protoplásmico más granuloso y grosero, llenar menos pisos de la capa reticular todavía delgada, y ofrecer á menudo una espansión protoplásmica descendente (fig. 10, 2, s). Los espongioblastos se presentan ya típicos; pero sus arborizaciones inferiores son poco estensas.

En conclusión: las espansiones protoplasmáticas aparecen tarde, así como los tabiques emitidos por las células epiteliales. Por esta razón, dominan las zonas granulosas sobre las reticulares, constituidas en gran parte de arborizaciones protoplásmicas.

IV.
ESTRUCTURA DE LA MÉDULA ESPINAL DE LOS REPTILES.

Era interesante saber si los nuevos detalles descritos en la médula espinal de los mamíferos y aves por Golgi (1), Cajal (2), Kölliker (3), Lenhossek (4), His (5) y van Gehuchten (6), se hallan también en los vertebrados inferiores, á saber: los peces, batracios y reptiles.

Mi hermano, en una corta comunicación (7), señaló ya en la médula de los batracios la existencia de colaterales de la sustancia blanca, y era de suponer que los reptiles, más avanzados en la escala animal, exhibieran también éstos y otros detalles descubiertos en los vertebrados superiores.

A fin de asegurarnos de la realidad de esta conjeta, en los pasados meses de junio y julio, época de la puesta en la lagartija, hemos investigado la médula, tanto de los embriones como de los animales recién nacidos.

Los resultados coinciden absolutamente con los obtenidos en los embriones de pollo y mamífero. Las fibras de la sustancia blanca suministran á la gris un gran número de colaterales, que rematan por arborizaciones libres de ramos groseramente varicosos. Observaré igualmente que un grupo

(1) Golgi: Ueber den feineren Bau des Rückenmarks. *Anat. Anzeiger*, n.º 13 y 14, 1890.

(2) S. Ramón y Cajal: Sur l'origine et les ramifications des fibres nerveuses de la moelle embryonnaire. *Anat. Anzeiger*, n.º 3, et 4, 1890.

(3) Kölliker: Ueber den feineren Bau des Rückenmarks. *Sitzungsber. d. Wurzburg. Phys.-med. Gessellsch.* marzo, 1890.

(4) Lenhossek: Ueber Nervenfasern in hinteren Wurzeln aus dem Vorderhorn entspringen. *Anat. Anz.* n.º 13, 1890.

(5) His: Histogenese u. Zusammenhang der Nervenelemente. *Congreso de Berlin.* Sesión del 7 de agosto de 1890.

(6) Van Gehuchten: La moelle épinière et le cervelet. *La cellula*, 1891.

(7) P. Ramón: Las fibras colaterales de la sustancia blanca en la médula de las larvas de batracio. *Gac. sanitaria de Barcelona*. 10 octubre 1890.

de colaterales gruesas nacido del cordón antero-lateral se entrecruza delante del epéndimo, para formar la comisura anterior. De la parte posterior del cordón lateral, otro haz de colaterales larguísimas cruza la línea media posterior dando lugar á la *comisura gris* (parte anterior). Igual suerte corren fibras colaterales procedentes de la parte más interna del cordón posterior, pues llegan á la región media y se entrecruzan con las correspondientes del otro lado, para terminar en la base del asta posterior por arborizaciones complicadas, des-

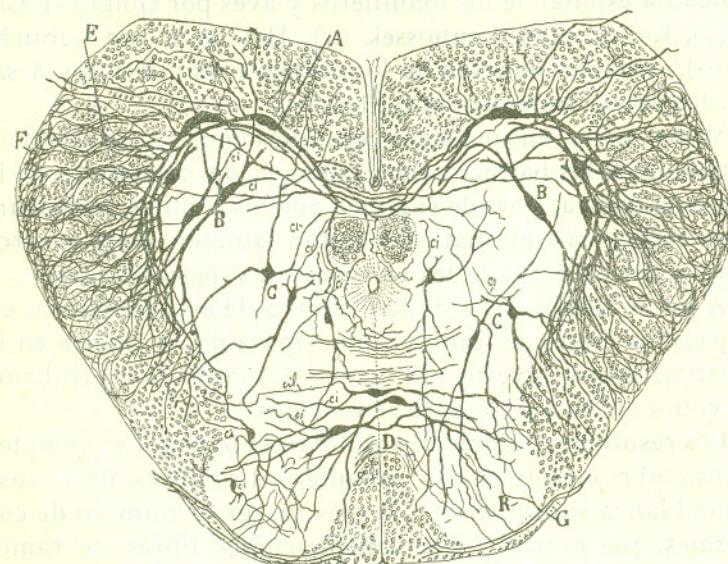


Fig. 11.—Corte transversal de la médula dorsal de la lagartija de 15 días (*Lacerta agilis*).

A, célula radicular arciforme; *B*, células fusiformes comisurales anteriores; *C*, comisuras más pequeñas; *D*, células cuyas ramas protoplasmáticas forman la comisura protoplasmática posterior; *E*, conos o estriás de ramas protoplasmáticas; *F*, plexo protoplasmico perimedular; *G*, raíz posterior con sus bifurcaciones y colaterales; *R*, colaterales de la raíz posterior.

Nota: la sílaba *ci* quiere decir *cilindro-eje*.

pués de haber constituido la porción posterior de la comisura gris.

Demuéstranse igualmente las células de los cordones, de la comisura anterior y, en fin, se encuentran todas las variedades conocidas referentes al modo de comportarse el cilindro-eje. En el asta posterior y sustancia de Rolando hay células cuyo cilindro-eje remata dentro de la sustancia gris por arborizaciones libres, del mismo modo que acontece en los

mamíferos y aves. La división de los cilindros-ejes en rama ascendente y descendente, al llegar á la sustancia blanca, se ve, á menudo, sobre todo en los de las células comisurales, y no es raro encontrar cilindros-ejes cuyas divisiones occasionen dos ó tres fibras distintas, es decir, colocadas en diverso radio de los cordones.

El comportamiento de las raíces posteriores se verifica también según el plan general. Cada fibra se bifurca en la sustancia blanca en rama ascendente y descendente, y de estas ramas brotan colaterales terminadas en la sustancia gris, ya del asta anterior, ya de la posterior (fig. 11, G).

El epitelio aparece en los embriones constituido por células largas, irradiadas desde la cavidad central á la superficie libre, donde rematan por un cono. A menudo, se ramifican en su camino constituyendo varios conos periféricos de terminación.

Esto en cuanto á la época embrionaria. En la lagartija de 8 á 20 días, donde hemos obtenido también impregnaciones aceptables, hemos tenido ocasión de hallar algunas particularidades, que pueden explicar ciertas disposiciones existentes, bien que menos distintamente, en los mamíferos. Por tal época la médula puede darse por acabada; pues la sustancia blanca aparece casi completamente medulada, así como una gran parte de las fibras que cruzan la sustancia gris.

Las disposiciones que merecen particular consideración son: 1.^o las comisuras protoplasmáticas; 2.^o los radios protoplasmáticos periféricos.

Comisura protoplasmática anterior (fig. 11). Es uno de los órganos más importantes de los reptiles y consiste en el entrecruzamiento, al nivel de la línea media y delante de un fascículo de sustancia blanca (fig. 11, A), de multitud de expansiones protoplasmáticas internas nacidas de células radiculares anteriores. Esto es la exageración de la disposición que nosotros describimos en los mamíferos recién nacidos (1) y que ha sido confirmada por Kölliker (2) y van Gehuchten (3). En los reptiles, las expansiones protoplasmáticas no sólo

(1) Sr. Ramón Cajal. Nuevas observaciones sobre la estructura de la médula espinal de los mamíferos. Abril de 1890.

(2) *Ibidem*.

(3) *Ibidem*.

penetran y se ramifican en el asta anterior del otro lado, sino que abordan el cordón antero-lateral opuesto, donde acaban por finas ramas granulosas. Las células que participan en la formación de esta comisura nos han parecido ser las radiculares anteriores, elementos notables también por su forma arqueada de convexidad anterior (fig. 11, A), y por la enorme extensión de sus ramos protoplásmicos.

Comisura protoplasmática posterior. La forman expansiones internas de células triangulares fusiformes ó estrelladas, mucho más pequeñas que las anteriores y yacentes en la base del asta posterior y partes inmediatas á la comisura gris. Hay elementos cuyo cuerpo descansa transversalmente sobre la línea media. En cuanto á los cilindros-ejes, nos ha parecido que iban en su mayor parte, á la porción posterior del cordón lateral. (D)

Conos protoplasmáticos. Todos los cordones de la médula joven ó adulta están separados por ciertos tabiques irradiados donde se alojan las expansiones protoplasmáticas esternas de casi la totalidad de las células nerviosas. Abundan notablemente estos haces protoplásmicos en la región lateral de la médula (fig. 11, E), y se constituyen de la reunión de multitud de expansiones esternas, nacidas casi en ángulo recto, ya del cuerpo, ya de un grueso tallo arqueado de las células motrices. Intervienen también arborizaciones protoplasmáticas de elementos comisurales (fig. 11, B) y de otras células de los cordones. A través de las mencionadas estrías ó tabiques de la sustancia blanca, las ramas protoplasmáticas se dividen y subdividen, y los últimos ramos, en cuanto llegan á los confines del cordón lateral, cambian de dirección, haciéndose ya verticales, ya oblicuos, ya paralelos á la superficie, constituyendo de su mezcla un *plexo protoplasmático perimedular* (fig. 11, F). Semejante plexo formado de finos hilos flexuosos, yace bajo la pía madre, en parte entremezclado con tubos de la sustancia blanca, en parte dispuesto en capa especial sobre esta última.

Para nosotros es indudable que, tanto el plexo protoplasmático periférico, como las mencionadas radiaciones protoplasmáticas, representan disposiciones de comunicación entre células, por *contacto longitudinal*. Y como precisamente esas radiaciones se hallan en el camino de las colaterales de

la sustancia blanca, cabría también suponer una transmisión nerviosa entre colaterales y arborizaciones protoplasmáticas de células, tanto más probable cuanto que todas ó casi todas las colaterales carecen de mielina en los reptiles (*lagartija*).

Queda por tal modo interpretada y reducida al plan general de conexión protoplasmático-nerviosa ó inter-protoplasmática, una disposición que había suscitado graves dudas sobre el papel funcional de las expansiones protoplasmáticas. (1). Encuétranse también en los mamíferos y aves, radios protoplasmáticos, bien que menos desarrollados que los que acabamos de esponer; pero como los tales se dilatan y pierden con cierta laxitud en parajes donde no hay fibras nerviosas terminales, resultaba casi probable la hipótesis de Golgi, acerca del papel puramente nutritivo de los apéndices protoplasmáticos; pero se olvidaba que estos últimos son susceptibles de comunicarse por contigüidad, y que la naturaleza, para mejor asegurar la transmisión, multiplica los contactos, desarrollando notablemente las superficies de influencia.

Una ojeada sobre la fig. 11 permitirá fácilmente descubrir otras analogías entre la médula de los reptiles y la de los mamíferos. Podrá notarse que las células comisurales son de dos clases: grandes, fusiformes (fig. 11, B); y pequeñas, estrelladas ó alargadas. Todas ellas envían expansiones protoplasmáticas á la sustancia blanca, á los mismos radios (sobre todo los grandes) donde se dilatan los de las motrices. Se advierte también que la comisura posterior se forma de tres manojos; que las células de la base del asta posterior remiten, en su mayor parte, el cilindro-eje al cordón lateral; que la comisura posterior contiene tal cual cilindro-eje, emanado de las células más laterales del vértice del asta posterior (límite externo de la sustancia de Rolando), etc.

Una particularidad que hay que tener en cuenta, para no caer en lamentables *lapsus*, al estudiar la médula de los reptiles, es la finura y lisura de las ramas secundarias y de algunas primarias protoplasmáticas: diríase que se trataba de cilindros-ejes. Es que, en los vertebrados inferiores, el cilin-

(1) Véase Kölliker: Das Rückenmark Zeitschr. f. Wissenschaft. Zool. LI. 1890.

dro-eje es á menudo más espeso que las ramas protoplásmicas, y, para reconocerlo, es preciso atender solamente al criterio de la conservación de la individualidad y de la longitud considerable. Toda duda se disipará cuando veamos la expansión, aparentemente nerviosa, continuarse con un tubo vertical de la sustancia blanca.

Neuroglia.—En las lagartijas de 15 á 20 días, se descubren claramente dos clases de elementos neuróglicos: las células epiteliales y los elementos en araña ó de Deiters.

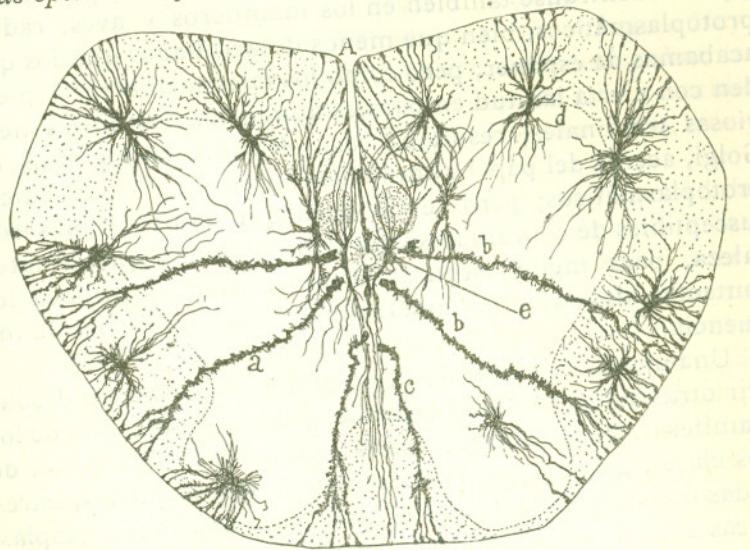


Fig. 12.—Corte transversal de la médula espinal de la lagartija (*Lacerta agilis*) de 20 días.—En él sólo se han representado las células epiteliales y neuróglicas.

a, b, c, células epiteliales que no llegan por dentro al epéndimo; d, células neuróglicas que envían fibras a la superficie medular; e, células neuróglicas antero-posteriores.—A surco anterior de la médula.

El epitelio conserva aún su disposición embrionaria (figura 12). Todas sus células arrancan del conducto central y se extienden hasta la superficie medular, donde finan por un penacho de hilos gruesos, varicosos, de extremidad cónica. El cuerpo del corpúsculo epitelial es recio y como velloso (figura 12, a, b).

No todas las células son tan largas; en la médula de la lagartija de algunos días, se ven siempre algunas que, si por su periferia terminan en la superficie medular, por su cabo

interno no llegan al epéndimo. Estos corpúsculos epiteliales cortos, retraídos hacia la periferia, abundan notablemente en la región posterior, donde algunos convergen en la línea media, lejos del epéndimo (fig. 12, b, c).

A ejemplo de Wignal, Lachi y otros, nosotros entendemos que cada elemento epitelial dislocado, vendrá á ser, andando el tiempo, una célula en araña ó de Deiters. A nuestro modo de ver, la creciente estrechez del conducto central proviene, aparte otras concusas, de esta misma emigración epitelial. Ulteriormente, los elementos que abandonaron la fila ependimal, se diseminarán en la médula y transformarán en una variedad neuróglica alargada que podríamos llamar *neuroglia epitelial*; mientras que aquellos pocos que permaneciesen fieles en su puesto, limitando la cavidad central, conservarán mejor su forma, y quizás mantienen, á diferencia de lo que sucede en los mamíferos y aves, la disposición originaria de su expansión periférica. Esto último, no puede afirmarse en tanto no se hagan estudios de tales corpúsculos en el estado adulto perfecto.

La neuroglia propiamente dicha (células de Deiters) está representada por elementos bastante gruesos, riquísimos de expansiones, y colocados, ya en la sustancia blanca, ya en los límites de ésta y la gris. Al lado del epéndimo y corriendo anteroposteriormente (fig. 12, e), se encuentran siempre células fusiformes neuróglicas de gran extensión. Lo más singular de todos estos corpúsculos, es que el penacho periférico de hilos que poseen, termina constantemente, á beneficio de abultamientos cónicos, en la superficie medular. ¿Esta circunstancia, abonaría un origen epitelial de tales corpúsculos, puesto que también llevan penacho igual los epiteliales dislocados? Quizás; pero no osamos afirmarlo categóricamente, después de los trabajos de Lachi (1), Kölliker (2) y Retzius (3), encaminados á establecer un origen distinto de los elementos en araña. Para Lachi, serían elementos conjuntivos mesodér-

(1) Lachi: Contributo alla Istogenesi della neuroglia nel midollo spinale del pollo. Pisa 1890.

(2) Kölliker: Das Rückenmark, etc. 1890.

(3) Retzius: Zur Kenntniss der Ependymzellen der Central-organe. Biologiska Foreningens Forhandlingar. Stockholm. 1891.

micos aportados con los vasos; mientras que Kölliker y Retzius suponen cierta diferenciación en neuroglia de células indiferentes ectodérmicas no aprovechadas, ni para formación de epitelio, ni de neuroblastos.

Para terminar este ligero estudio sobre la médula de los reptiles, añadiremos que, en nuestras impregnaciones, alguna vez tiñeronse también los ganglios raquídeos. Sus células son bipolares (como demostró His para los mamíferos y aves), en los primeros tiempos de la vida embrionaria; pero, mucho antes de la eclosión transformanse en unipolares. Se mejante transformación hemos podido confirmarla también en los embriones de ave del 16 al 18 día de incubación; de lo que se sigue que el bello descubrimiento de His, sobre la bipolaridad de los elementos ganglionares, es una ley embrionológica general.

V.

LA SUSTANCIA GELATINOSA DE ROLANDO.

En nuestros trabajos sobre la médula espinal de las aves y mamíferos, hemos descrito los elementos nerviosos de la sustancia gelatinosa de Rolando; pero el estudio de tales corpúsculos es tan difícil, que nos hemos visto obligados en más de un punto, á exponer simples conjeturas, en vez de hechos positivos de observación.

Las recientes impregnaciones que, con el propósito de estudiar los ganglios simpáticos, hemos realizado en embriones de pollo (14 á 16 días) y de paloma (12 á 13 días), nos han permitido obtener revelaciones más claras de algunos elementos de la sustancia de Rolando.

No hemos de exponer aquí los caracteres de todas las células de esta sustancia; esto sería repetir lo descrito en otros trabajos; nuestro objeto es indicar solamente los nuevos detalles que nuestras observaciones arrojan tocante á dos especies celulares: las grandes células fusiformes que por detrás limitan la sustancia de Rolando; y ciertos corpúsculos estrellados menudos que habitan en los estratos medios de dicha

formación, y cuyas propiedades no pudimos nunca determinar de modo concluyente.

Células fusiformes limitantes (fig. 13, d, e, f). Habíamos advertido ya en la médula de mamífero, que el cilindro-eje de estas células marcha de un modo transversal, rozando el confín anterior de la zona marginal de Lissauer, pero su paradero final escapó siempre á nuestras porfías. Hoy podemos añadir que, llegado á cierta distancia, se acoda bruscamente, atraviesa de un modo meridiano la sustancia de Rolando, á

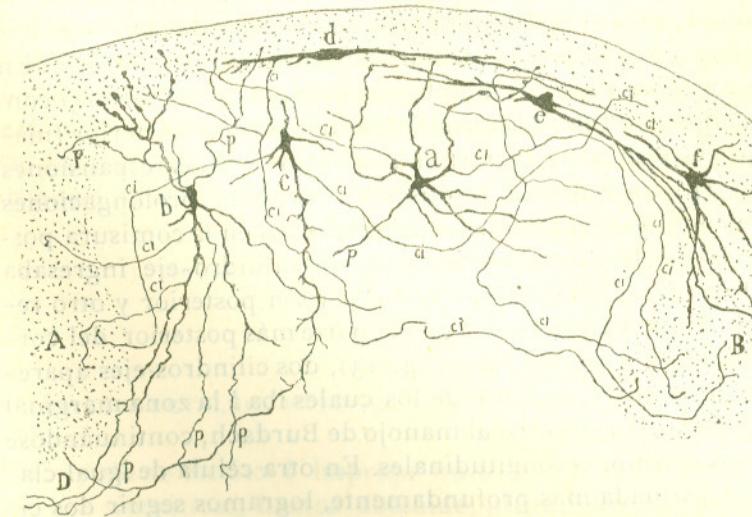


Fig. 13.—Corte transversal de la sustancia de Rolando de la médula espinal o del embrión de paloma de 13 días.

A, porción interna del cordón posterior; B, porción más posterior del cordón lateral; a, b, c, células estrelladas diminutas de la sustancia de Rolando, con cilindros-ejes múltiples destinados á la sustancia blanca; d, e, células limitantes gruesas cuyo cilindro-eje va al cordón lateral; f, otra célula de igual clase, pero de forma estrellada cuyo cilindro-eje después de una marcha transversal cruza la sustancia de Rolando para terminar en el cordón lateral.

NOTA.—La silaba *ci* quiere decir cilindro-eje positivo, pues la fibra señalada se vió continuar con una fibra de la sustancia blanca; la letra *p* significa cilindro-eje probable, porque la fibra marcada con ella, si bien tenía la finura y aspecto de cilindro-eje, no se pudo ver continuada con un tubo nervioso de los cordones.

la cual da alguna colateral, é ingresa en el cordón lateral, donde se continúa por acodamiento con un tubo longitudinal. En algunas células el cilindro no marcha transversalmente (d), sino que desciende en cuanto emerge del cuerpo ó de alguna rama protoplasmática gruesa. En dos ocasiones el cilindro-eje descendente suministraba una rama recurrente que ganaba el cordón posterior, donde parecía continuarse con un tubo longitudinal.

Células estrelladas. Delante de la hilera más posterior de las células de la sustancia de Rolando (células fusiformes antero-posteriores), se ven elementos de forma estrellada y sin orientación precisa (fig. 13, a, b, c). Las expansiones protoplasmáticas de estos corpúsculos son numerosas y largas, llegando las posteriores al cordón posterior y las anteriores hasta la base del asta posterior y comisura gris, en la cual positivamente ingresan algunas. Pero la particularidad más interesante de tales corpúsculos es la multiplicidad del cilindro-eje, y su positiva continuación con fibras de la sustancia blanca. En la fig. 13 dibujamos tres de estas células (a, b, c,) que se nos presentaron perfectamente aisladas. En la célula marcada con una b, se veían dos cilindros-ejes continuados con tubos longitudinales del cordón posterior (manojo de Burdach), advirtiéndose otras varias expansiones finas (p), que quizás representan también prolongaciones nerviosas, y de las cuales dos ingresaban en la comisura posterior. En la célula a (fig. 13), un cilindro-eje ingresaba también en la zona marginal del cordón posterior y otro remataba dividiéndose en Y, en la parte más posterior del cordón lateral. En la célula c (fig. 13), dos cilindros-ejes aparecían muy correctos, uno de los cuales iba á la zona marginal (parte externa), y otro al manojo de Burdach, continuándose ambos con fibras longitudinales. En otra célula de igual clase pero situada más profundamente, logramos seguir dos cilindros-ejes hasta más allá de la comisura gris, y finalmente otros corpúsculos nos han mostrado un solo cilindro-eje acabado en el cordón lateral, después de suministrar colaterales para la sustancia de Rolando.

En todas estas células, es muy posible que el número de cilindros-ejes sea mayor, no percibiéndose todos por la extrema rareza de las buenas impregnaciones, pues desgraciadamente cuando se tiñen bien, es tal el enmarañamiento de las expansiones, que, aún con un buen apocromático, se hace difícil perseguir sus giros y determinar sus entrecruzamientos.

Terminaciones de fibras del cordón de Goll y de Burdach. En algunos cortes de médula de rata y ratón de pocos días, hemos alcanzado á teñir varias arborizaciones terminales de fibras del cordón posterior. Provenían éstas de la parte alta del cordón de Goll ó de Burdach, en donde se continuaban

por acodamiento con fibras longitudinales, quizás con fibras radicales sensitivas. Antes de llegar á su paraje de terminación, avanzaban primero á lo largo del borde interno de la sustancia de Rolando, se doblaban hacia afuera, pasando por el vértice del asta posterior y, después de un trayecto transversal, acababan en diversos puntos de la sustancia de Rolando, por espesas y varicosísimas arborizaciones ascendentes.

Comisura posterior. En diversas preparaciones hemos notado, que á más de los tres grupos de colaterales que forman la comisura gris, se mezclan á ella algunos cilindros-ejes, procedentes de células yacentes en la parte más externa del asta posterior ó en plena sustancia blanca. Asimismo hemos observado que colaboran también colaterales directas de cilindros-ejes, nacidos de células que habitan en la parte más interna del vértice del asta posterior, por delante de la sustancia de Rolando.

VI.

ALGUNOS DETALLES MÁS SOBRE LAS CÉLULAS SIMPÁTICAS.

Después de escrito é impreso nuestro trabajo sobre los ganglios simpáticos, hemos obtenido preparaciones todavía más demostrativas que las que sirvieron de base á nuestra descripción.

Estas preparaciones proceden de embriones de paloma, de 14 y 16 días de incubación, en los cuales la formación de las células simpáticas está mucho más adelantada que en los embriones de pollo de igual tiempo. Hemos ensayado también con éxito regular, la médula del embrión de pollo al 17 y 18 día.

De las nuevas observaciones se desprende que no existen en las células simpáticas expansiones protoplasmáticas, apareciendo todas con el carácter de nerviosas, distinguiéndose en: cortas, acabadas probablemente mediante arborizaciones libres en el mismo ganglio; y largas, que son más gruesas, destinadas á traspasar las fronteras del ganglio, después de un curso más ó menos complicado y tortuoso.

Ramas largas. Las espansiones largas, son varias en cada célula, y en los corpúsculos más gruesos se disponen, como ya indicó Kölliker, en forma de hacescillo que sale al encuentro de otros semejantes procedentes de vecinos elementos, entrecruzándose complicadamente y constituyendo un plexo irregular de fascículos nerviosos (fig. 14). Cuando la impregnación tiñe completamente estos haces de fibras, es imposible perseguir el curso y terminación de cada una, ni determinar cuáles son cortas ó largas; pero si la impregnación revela no más algunas fibras como aparece en la fig. 15, se advierte que tras curso más ó menos largo ingresan por fin, ya en los

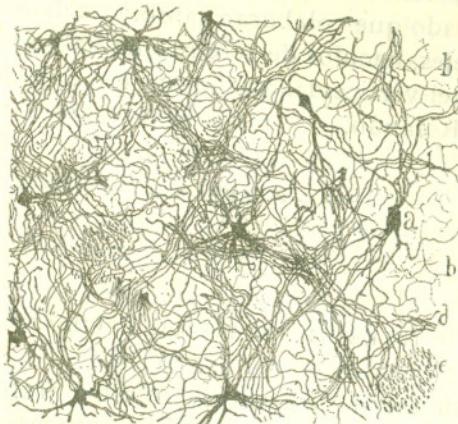


Fig. 14.—Corte transversal de un ganglio simpático cervical del embrión de pollo de 17 días de incubación. Esta figura muestra el plexo de fibras nerviosas gruesas y finas que separa las células ganglionares.

a, célula que suministra al plexo dos pinzones de expansiones; b, plexo de fibras continuadas con las células; d, haces espesos de fibras recias cortados de traves.

NOTA.—En esta figura, un poco esquemática, sólo se ha representado un cortísimo

haces verticales ó comisurales que juntan un ganglio con otro, ya en las ramas simpáticas. Cada célula puede enviar varios cilindros-ejes ascendentes para la comisura longitudinal, y algunos cilindros transversales ó radiales que se incorporan á los nervios procedentes del ganglio. Un mismo cilindro-eje puede suministrar, ramificándose, varias de estas fibras, como se veía en a, fig. 15, donde por la división de una espansión nerviosa parecen formarse dos comisurales; y

como asimismo puede apreciarse en e, que señala un cilindro-eje dividido en dos ramas intraganglionares quizás comisurales, y otra exterior destinada á distribuirse en una arteria.

Ramas cortas. El persegimiento de las ramas cortas es dificilísimo. Salvo varias espansiones groseras, espinosas, que irregularizan el contorno de los tallos de origen de muchas fibras y que terminan libremente á poco trecho, todas las demás, se prolongan á gran distancia, siguiendo un curso flexuoso. No obstante, nos ha parecido que las expansiones más finas no salen del ganglio, sino que á distancias variables se agotan en una arborización varicosa, laxa y de gran extensión.

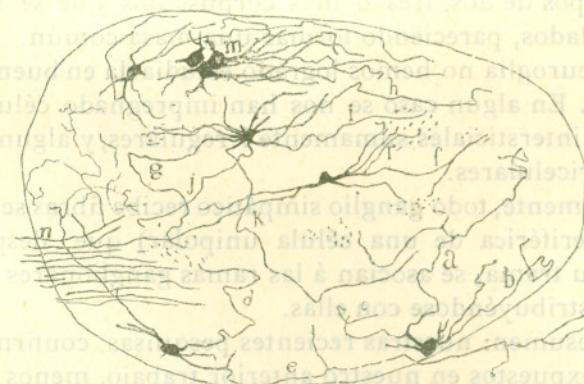


Fig. 15.—Corte transversal de un ganglio simpático torácico de embrión de paloma á los 16 días de incubación. Todas las expansiones celulares tienen aspecto de nerviosas.

a, una expansión nerviosa ramificada; b y e, otras emergentes de la misma célula é incompletamente impregnadas; d, expansión nerviosa que se hacia vertical; e, otra expansión del mismo corpúsculo dividida en ramo-ascendente y otro que salía del ganglio ramificándose en sus inmediaciones; f, r, expansiones de otro elemento, de las cuales la f, se bifurca; g, j, h, i, prolongaciones nerviosas de una misma célula; m, grupo de tres células en contacto por sus caras; n, haz de fibras llegado de la rama anterior del par raquídeo.

Plexos nerviosos. La fig. 14, muestra bien los dos plexos: uno de fibras gruesas que representan en gran parte cilindros largos de células simpáticas; y otro de hebras finísimas, repetidamente ramificadas, sumamente varicosas y flexuosas.

El primero constituye mallas anchas é irregulares donde yacen varias células; mientras el segundo limita espacios mucho más pequeños en los cuales yace un solo corpúsculo simpático (fig. 14, b). Un examen atento de este último plexo

nos da á conocer que su origen es múltiple; pues que entre sus fibras se hallan: 1.^º arborizaciones de colaterales de fibras comisurales; 2.^º arborizaciones libres de espansiones cortas de las células simpáticas; 3.^º ramificación terminal de fibras comisurales longitudinales, y de ciertos cilindros-ejes llegados de otros centros con las ramas y raíces anteriores de los pares raquídeos.

La conexión entre las células debe verificarse á favor de las colaterales de los cilindros-ejes, así como por las arborizaciones terminales de éstos; mas es muy posible que intervengan también contactos directos de facetas celulares planas ó casi planas (fig. 15, m); pues en muchos cortes hemos notado grupos de dos, tres ó más corpúsculos que se tocaban por sus lados, pareciendo formar una masa común.

La neuroglia no hemos logrado estudiarla en buenas condiciones. En algún caso se nos han impregnado células connectivas intersticiales sumamente irregulares, y algunas cápsulas pericelulares.

Finalmente, todo ganglio simpático recibe fibras sensitivas (rama periférica de una célula unipolar) que, después de cruzar su trama, se asocian á las ramas ganglionares simpáticas, distribuyéndose con ellas.

En resumen: nuestras recientes pesquisas confirman los hechos expuestos en nuestro anterior trabajo, menos en dos puntos en donde hemos rectificado nuestra primera apreciación:

1. Las espansiones cortas no terminan en punta cerca de la célula de origen, como habíamos representado á consecuencia de la copia de células incompletamente impregnadas ó quizás poco desenvueltas, sino que se prolongan mucho más allá, y se terminan, como las espansiones largas, mediante arborizaciones libres, finas y varicosas.

2. Toda célula parece tener varias prolongaciones largas (4, 6 ó más), cuyas propiedades son iguales á la de aquella espansión larga única ó lo más doble que nos mostraban nuestros primeros preparados. Cuando estas fibras constituyen los manojos comisurales longitudinales, todas parecen ofrecer colaterales y arborizaciones terminales libres.