

CAPÍTULO VIII

FUNCIONES GENERATIVAS DE LAS CÉLULAS

División celular directa. División celular indirecta ó carioquinesis. Conjugación celular.

Las células que pueblan el organismo, del mismo modo que las que viven independientes, gozan del importante atributo de reproducirse, originando nuevos elementos, cuyas propiedades anatómo-fisiológicas son enteramente idénticas á las del elemento progenitor.

El mecanismo más general de la producción de nuevas células es la división ó segmentación. Todas las variantes de neoformación celular pueden reducirse, en último análisis, á un acto de división, más ó menos complicada, del núcleo, protoplasma y membrana fundamental.

Nótese que, en el fenómeno celular genético, la célula madre desaparece como individuo, repartiéndose toda su substancia en dos corpúsculos hijos. No hay, pues, *célula madre* ni *célula hija* en el sentido estricto de los términos, sino fragmentación sucesiva de cierta cantidad de materia viva, que disminuiría hasta desaparecer á fuerza de dividirse, si la asimilación no restableciera prontamente el volumen originario.

Modalidades de la celulo-génesis.—La formación de las células se verifica de dos maneras: por *división* y por *conjugación*.

La *división* ó segmentación es el proceder ordinario empleado por la naturaleza para reponer las células destruidas en el ejercicio de las funciones orgánicas ó durante el desarrollo del embrión; mientras que la *conjugación* es un proceder generativo que podría calificarse de extraordinario, al cual recurre solamente la naturaleza para producir la primera célula del embrión (el óvulo fecundado). Este método generativo encierra un pro-

fundo sentido, desde el punto de vista de la transmisión de las cualidades adquiridas y de la conservación del tipo específico y funcional de los seres.

DIVISIÓN CELULAR

Comprende la segmentación celular dos modalidades: la *división directa ó amitótica*; y la *división indirecta, mitótica ó carioquinética*.

1.º—SEGMENTACIÓN DIRECTA Ó AMITOSIS

La segmentación directa es el acto de partición celular no precedido de metamorfosis estructurales del núcleo ni del protoplasma. Este proceso genético, que fué conocido mucho antes que el mitótico, pierde cada día importancia y generalidad, pues se ha averiguado que muchos de los elementos á quienes se atribuía aquel proceder divisorio, proliferan en realidad por carioquinesis. Autores hay que llegan á declarar que todos los hechos conocidos de división directa no representan otra cosa que fases mitóticas mal interpretadas. No parece, sin embargo, prudente llevar el escepticismo á tal extremo, á menos de negar, sin motivo alguno, la legitimidad y realidad de las observaciones de división amitótica recaídas en leucocitos y células conectivas, y publicadas por Ranvier, Arnold, Cajal, Flemming y otros.

Por nuestra parte, hace ya cerca de doce años que pudimos observar el fenómeno de la segmentación directa de los leucocitos de la sangre de un urodelo (el *pleurodeles Waltii*). Las fases observadas concuerdan con las anunciadas por Ranvier y Arnold. La división se inicia por estrangulación del núcleo, que no tarda en segmentarse en dos pedazos, generalmente de forma desigual; los núcleos hijos se colocan en un extremo del protoplasma, mientras que la porción intermedia de éste se estira y adelgaza extraordinariamente, concluyendo por romperse. A veces el proceso aborta; el puente de protoplasma que estuvo á

pique de excindirse, se acorta y engruesa; los núcleos se aproximan, y la célula se reintegra en su primitiva forma (1).

La división del núcleo puede no ser seguida de partición del protoplasma. La partición nuclear puede repetirse tres, cuatro ó más veces, resultando así un corpúsculo generalmente voluminoso, que encierra en su protoplasma un número variable de núcleos. Por tal mecanismo se producen las células multinucleadas gigantes del tejido inflamatorio (células gigantes del tubérculo, del leproma, etc.), y los osteoclastos de la médula ósea.

Existen células, tales como ciertos leucocitos de gran talla y las mieloplaxias de la médula ósea, cuyos núcleos parecen ofrecer en estado permanente ó bastante duradero las fases de transición entre la mononuclearidad y la multinuclearidad. El núcleo de estas células exhibe á menudo forma de judía ó de bizcocho, con puente intermediario más ó menos delgado; en otros casos, afecta la forma de una cadena de lobulillos unidos por finas estrangulaciones.

Cuando la división directa ó indirecta sobreviene en células rodeadas de espesa cubierta (cápsula de secreción), los corpúsculos hijos no pueden separarse, porque la membrana envolvente, que no participa del fenómeno divisorio, lo impide. Esta variedad de proliferación se llama *segmentación endógena*. Si la división ocurre en células que sólo poseen delgada membrana fundamental, los elementos engendrados quedan en libertad, pudiendo separarse inmediatamente (*fisiparidad simple*). Finalmente, cuando la segmentación del núcleo y protoplasma se efectúa de un modo desigual, de manera que sólo una pequeña parte de estos órganos se aprovecha para engendrar uno ó varios elementos hijos, el acto generativo toma el nombre de *gemación*. Ejemplos de gemación nos ofrecen ciertos infusorios (*Talasicolas*), según Hertwig; el óvulo joven de los mamíferos (Schafer), los óvulos de la ascidia (Fol). En todos estos seres, la yema nuclear cruza rodeada de una pequeña cantidad de protoplasma individualizado el cuerpo celular, y se instala por lo común en la periferia bajo la membrana de cubierta.

(1) Véase nuestro *Manual de Histología y Técnica*, pág. 391, 1.^a y 2.^a edición.

2.º — CARIOQUINESIS Ó SEGMENTACIÓN INDIRECTA

La *mitosis* ó *carioquinesis*, es el método de división más general é importante, y se caracteriza por la circunstancia de que el núcleo, antes de segmentarse, experimenta una serie de curiosísimas metamorfosis de estructura, así como de fenómenos de movimiento.

Las fases de este proceso pueden observarse en toda clase de células, tanto animales como vegetales; pero son preferibles, por el gran tamaño de sus núcleos, los elementos de las larvas de urodelo, por ejemplo, las de salamandra y tritón, donde Flemming y Rabl han hecho sus estudios sobre la carioquinesis.

He aquí las fases por que atraviesa la célula desde el comienzo hasta el final de su división mitótica, según las investigaciones de Flemming, Rabl, Waldeyer, van Beneden, Strasburger, O. Hertwig, etc., investigaciones que nosotros hemos confirmado en las larvas del pleurodelo *Waltii*, así como en las células de los animales superiores.

1.^a **Fase de descanso.** — Así se llama el estado de la célula en el intervalo de dos segmentaciones (fig. 76, 1 y 2). En los últimos días de este periodo de descanso, la red cromática del núcleo se hace más rica y la talla nuclear aumenta sensiblemente.

2.^a **Fase glomerular ó del ovillo.** — Cuando va á comenzar el proceso, la red nuclear aparece más perceptible, distinguiéndose claramente dos clases de trabéculas: *primarios* ó gruesos, formados principalmente de cromatina, y *secundarios* ó finos, donde domina la linina. Rabl ha demostrado y Flemming ha aceptado recientemente, que los filamentos primarios, llamados también *cromosomas*, no están dispuestos al azar, sino que forman asas ú horquillas orientadas casi en el mismo sentido, y

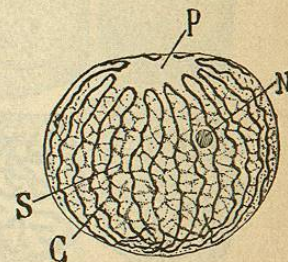


Fig. 75.—Esquema del núcleo según Rabl.—C, filamentos de cromatina ó primarios; S, filamentos de linina ó secundarios; N, nucleolo.

cuyos codos están vueltos á un lado. El paraje del núcleo donde convergen los ángulos de las horquillas presenta un espacio vacío de filamentos, que se ha llamado *campo polar*. En el extremo opuesto (*campo antípoda ó contrapolo*) no existe vacío, acumulándose y entrecruzándose los cabos libres de los cromosomas.

Al final de esta fase, todos los filamentos finos ó secundarios desaparecen, así como el nucleolo, quedando exclusivamente los

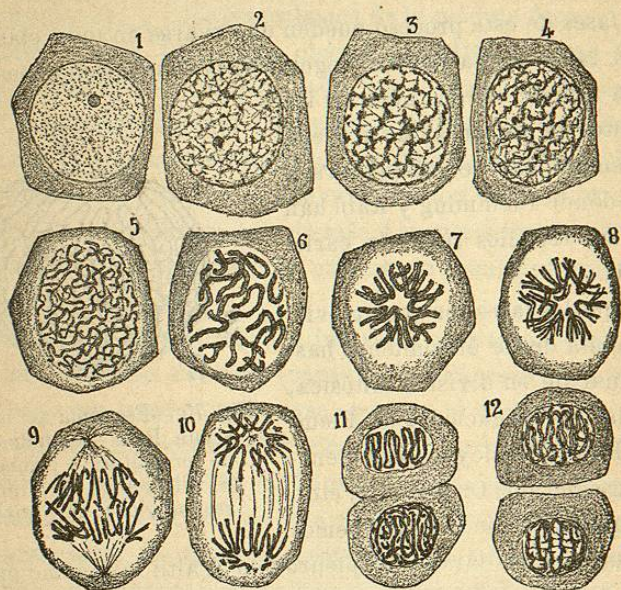


Fig. 76. — Células epiteliales en vías de división carioquinética de la piel de la larva del *Pleurodeles Waltii*. — 1, Descanso; 2, Reticulación fina; 3, Reticulación gruesa; 4, Reabsorción del nucleolo y fase glomerular; 5, Ovillo laxo; 6, Horquillas; 7, Estrella madre; 8, División longitudinal (vista polar); 9, Metakinesis; 10, Estrella hija; 11, Ovíulo hijo; 12, Segmentación del protoplasma.

primarios, que se perciben ahora con gran corrección, y que atraen vivamente las materias colorantes de la nucleína. En cuanto á la materia del nucleolo, pasaría á formar parte de los cromosomas, y acaso del huso, como asegura Czermak (1899). Ulteriormente, las horquillas se espesan, al par que se acortan, con lo que el espacio claro interfibrilar se ensancha. A este fenómeno de enrechamiento de los hilos, con desaparición de la mayor par-

te de sus recodos, que acaece en los últimos momentos de la fase del ovillo, se ha dado el nombre de *estadio del ovillo denso*. En esta fase aumenta también la colorabilidad de la nucleína y crece el líquido nuclear.

Fase de estrella madre. — Esta fase se caracteriza por el arreglo, en forma de estrella, de los hilos ú horquillas cromáticas, (llamadas también *cariosomas*), y por la aparición de un órgano especial, cuya influencia en el curso ulterior de la segmentación será muy importante, el *huso acromático* (fig. 77, h).

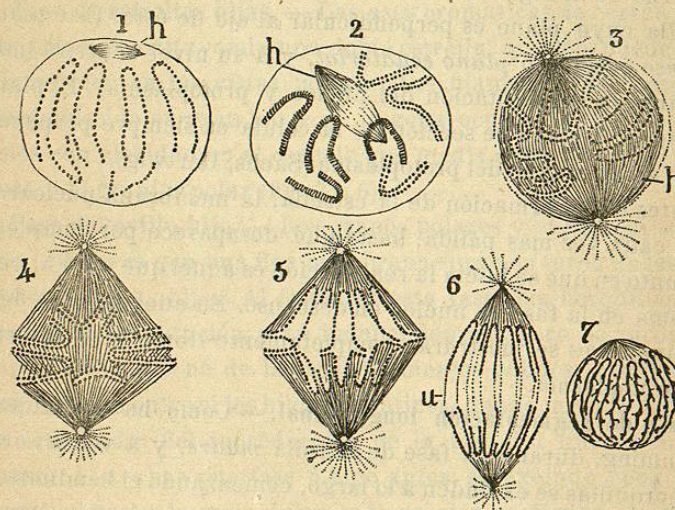


Fig. 77. — Fases mitóticas, según Rabl. — 1, Fase de ovillo; 2, Formación del huso y atracción de las horquillas; 3 y 4, Momentos distintos de la fase de estrella madre; 5, Placa ecuatorial; 6, Estrellas hijas; 7, núcleo hijo donde comienzan á brotar los hilos secundarios; h, huso acromático; u, filamentos de unión.

El *huso* es un aparato filamentososo, especie de fascículo en forma de tonel, con polos puntiagudos, en los cuales resalta un grano brillante, grano que en estos últimos años se ha identificado con el centrosoma y esfera atractiva del protoplasma. Los hilos del huso son de extraordinaria delicadeza, y corren curvilineamente de uno á otro polo; distingúense de las asas cromáticas no sólo por su forma, sino por su incolorabilidad en el carmín. Según Rabl, el huso aparece primeramente debajo de la

membrana nuclear, en el medio del campo polar; luego adquiere un gran volumen, y alejándose de la cubierta, se retira á la región central del núcleo, para dirigir los movimientos de las asas cromáticas (fig. 77, 1, 2). Del otro lado de los polos, el retículo protoplásmico orienta también, construyendo dos semiconos filamentosos cuyos radios convergen en los centrosomas (*conos antípodas*).

Mientras tanto, las asas cromáticas, como atraídas por fuerza misteriosa, vuelven sus codos al centro del núcleo, disponiéndose en torno de la región más ancha del huso, y constituyendo una estrella cuyo plano es perpendicular al eje de éste. Este plano llámase sección ó *plano ecuatorial*, y á su nivel ocurrirá más adelante la segmentación del núcleo y protoplasma. El plano ecuatorial ó plano de sección de la célula es siempre perpendicular al eje mayor del protoplasma (Sachs, Hertwig).

Antes de la formación de la estrella, la membrana nuclear se hace cada vez más pálida, hasta que desaparece por completo. El punto en que se inicia la reabsorción es aquél que mira al centrosoma en la fase de núcleo en descanso. En adelante, las figuras nucleares se mostrarán completamente libres en el interior del protoplasma.

Fase de segmentación longitudinal. — Como ha descubierto Flemming, durante la fase de estrella *madre*, y á veces antes, las horquillas se excinden á lo largo, comenzando el hendimiento por los extremos libres y acabándose por los codos. Este importante fenómeno de partición longitudinal tiene por consecuencia la duplicación de las asas cromáticas, y explica por qué la estrella madre y las estrellas hijas encierran exactamente el mismo número de filamentos de nucleína. Según Flemming, la segmentación longitudinal de las horquillas sobreviene á menudo en el estadio de glómérulo ó de ovillo.

Frecuentemente, las asas de la fase de estrella muestran una disposición arrosariada; lo que, en concepto de Pfitzner, Balbiani, Rabl, etc., dependería de que cada filamento cromático consta en realidad de un número considerable de esférulas de cromatina, ligadas entre sí por puentes de linina. En el acto de la partición longitudinal, cada esférula constitutiva de las asas se

dividiría, produciéndose dos sartas paralelas de granitos cromáticos (fig. 76, 8, y fig. 77, 3).

Placa ecuatorial ó metakinesis. — Luego de duplicadas las horquillas, éstas comienzan á separarse, iniciándose el apartamiento por los codos y siguiendo hasta los extremos (fig. 76, 9, y figura 77, 5). Desconócese el mecanismo de esta emigración de las horquillas. Ciertos autores imaginan que, en el momento de la segmentación longitudinal, divídese ecuatorialmente el huso, cuyos filamentos se adherirían á los codos de las horquillas, tirando de ellos hacia las regiones polares.

Fase de estrellas hijas. — Las asas cromáticas se corren hacia los polos, constituyendo una doble estrella, que sólo puede apreciarse bien en las vistas polares. Los filamentos del huso han desaparecido en gran parte de la zona ecuatorial, percibiéndose los con claridad en el espacio que media entre los codos de las asas y el granito polar (fig. 77, 6).

Fase del ovillo hijo. — Los granos polares y el huso desaparecen, mientras que una fina membrana surge en torno de las figuras cromáticas hijas. Al iniciarse esta fase, las horquillas conservan su orientación y su independencia; pero no tardan en brotar del contorno de las asas filamentos pálidos, ramificados, que enlazan entre sí los hilos cromáticos, dando lugar á una figura reticulada, fiel reproducción de la fase del núcleo en descanso. Al acabar esta fase ó algo antes, se excinde ecuatorialmente el protoplasma celular, y la sección comienza en la periferia para terminarse en el centro. Por este tiempo, los filamentos secundarios son bien perceptibles, así como el nucleolo (figura 77, 7, y fig. 76, 11). De todos modos, el número de cromosomas ó filamentos primarios discernibles en el núcleo hijo es el mismo que existía en la célula madre, número que resulta constante en la mayor parte de los elementos adultos. Según Flemming los núcleos de las células humanas contendrían próximamente veinticuatro parejas de cromosomas (1898).